Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

GEOCIÊNCIAS:

Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico

2

Ano 2022

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

GEOCIÊNCIAS:

Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico

2

Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Geociências: desenvolvimento científico, tecnológico e econômico 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: desenvolvimento científico, tecnológico e econômico 2 / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0743-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.430220411

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico 2”, que apresenta uma série de doze artigos com diferentes propostas de análise espacial, com ênfase em estudos aplicados ou de cunho metodológico.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes perspectivas, desde análises voltadas para a dinâmica das geociências, passando pela importância dos estudos de impacto ambiental em áreas urbanas, além de estudos em bacias de sedimentação, mineração e impactos de inundações em diferentes ambientes.

Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no país. Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos com diferentes abordagens e perspectivas de análise nas esferas das geociências.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir o novo volume para essa coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

A PERSPECTIVE FOR GEOSCIENCE EDUCATION TO IMPROVE THE FUTURE OF HUMANITY

Data de aceite: 01/11/2022

Guilherme O. Estrella
Geologist, graduated in Rio de Janeiro Federal University
Retired, worked his entire professional life (45 years) as petroleum geologist in Petrobrás, Brazilian State O/G Company, in which was Exploration and Production (E&P) Executive Director 2003-1012.

ABSTRACT: Humanity faces tremendous problems. We have experimented a vast social, political, ethical, economical, scientific and technological evolution along the past millennia. However, we are far from living in peace, with minimum social equality, acceptable living standards, respect for human rights, access to basic natural resources, democracy, religious freedom, diversity, environment, planetary biota. We have to find a way to overcome these difficulties. There is no doubt that education is in the center of the solution, but not the formal education system we traditionally apply. Some authors consider the scientific-humanities illiteracy as the main challenge for human beings to take a more advanced — in all dimensions of the human life — step towards civilization. Geology, among the broad spectrum of human knowledge, seems to be one of the sciences which best deals with both the scientific and humanities concepts, facilitating the understanding of unity of our planet, as well as our responsibility to take care of the natural environment and provide conditions for the survival all species. It is in the childhood, since the first lessons, that basic principles of geology have to be taught, to allow individuals to build their personalities with these concepts firmly established.

KEYWORDS: Geology education in childhood, science, humanities.

1 I INTRODUCTION

Let's to evaluate data about the world we live in. Social and economical aspects:

1. World population = we are 7.6 billion human beings. We will be 10 billion by 2050.

2. 800 million starve – an increase of 40 million from 2015 to 2016.

3. 155 million children under 5 (five) starve or are submitted to severe undernourishment.

4. 4,5 billion people lack basic sanitation.

5. 2.1 billion have no acces to drinking water.

6. 1.4 billion do not have acceptable housing.

7. According to UN 2017: 260 million children and teenagers are out of school.

8. After years falling, child labor rates increased again in 2018: 152 million children engaged in child labor, 110 million of them in agricultural work (FAO).

9. 1.3 billion people have no access to

electricity.

10. According to UN, 900 million or 12% (twelve percent) of world population) practice open defecation.

11. 1 million of nurslings and children die before five, per year: 99% in poor and developing countries. 49/1,000 live births.

12. 800 million of people are illiterate adults (over fifteen years old). Among youths worldwide, 1 billion have no access to education.

13. There are more than 40 million slaves world- wide; more than 70% being women.

14. Child prostitution reaches 1 million children. In some countries 50% of prostitutes are children. 2 million teenagers have HIV.

15. There were 66 million refugees in 2017, 50 % are children (ACNUR).

16. Only 1/3 of the countries – 28% of the world population – assure social protection from the state – health, education, housing – to their citizens.

17. On the other hand, wealth of richest 1% equal to other 99%. The richest person on this planet owns wealth which is bigger than the GDP of 140 countries.

18. Walls: today, 65 borders between countries across the world are defined by walls, isolating peoples, societies from one another by political, economic, social, ethnic and religious reasons.

About environment and nature:

1. Species extinction in 2014: 784 animal species were extinguished in the past 40 (forty) years.

2. Deforestation: 3.4 million km2 deforested in the past 16 years.

3. Russia + Brazil: Taiga and the Amazon forest suffer a fast paced process of devastation.100,000 km2 in 2017; Canada + the USA = 50,000 km2 in 2017.

4. The world consumption of natural resources and energy can triplicate by 2050 and generate a catastrophic impact on the environment. The present consumption standards, mainly in the Occident, are not sustainable.

5. More than 100 MM ton of floating plastic garbage only in the Pacific Ocean.

This is an unacceptable reality.

One first conclusion: from these data, we can´t deny, neither try to hide that the political regime models of humanity governance and the current instruments and global multilateral institutions – UN, IMF, WB, WTO, FAO, ILO… – are clearly outdated.

They are not ready to recognize cultural diversities, to fight against racism, colonialism, sexism, discrimination, the prejudices and the huge social inequalities that are at very heart of their own origin as world organizations.

Also, regarding environment protection, they failed to present and adopt effective solutions of any type. The Paris Convention was recently abandoned by the richest country

of the world.

The irresponsible use of fossils fuels is not restricted by the main industrialized countries.

Whale commercial fishing is unstoppable, even by so the called most culturally advanced countries.

We are all, as humankind, facing a totally unsustainable situation.

But it can be even worst, as the forecasts on industrial activities show.

Industrial revolution 4.0: automation, integrated and interconnected production systems, artificial intelligence, self-aware robots, telecommunication. It is estimated that on the next decade 5 million jobs will be lost in OEDC countries and 15 million in developing countries.

Today's social, economic, political standards of organized societies, all of them across the planet, will have to be deeply changed.

Academic scholars state that mankind should be reinvented to face this reality. The XXI century is the time of a great leap for humanity.

But there is a light at the end of this ghostly tunnel: telecommunications and related technologies.

Some world data:

1. Internet (2018) = more than 4 billion people (53% WP) - doubled in 8 years.
2. Social networks = 3.2 billion (42% WP).
3. Mobile phones = 5.1 billion (68% WP).
4. Mobile internet = 3 billion (40% WP).

Internet can certainly be – as we already are experiencing worldwide – a decisive tool to face the challenges we have in front of us.

Finally, Marshall Mc Luhan's Global Village prophecy is materialized.

People are connected, in real time, discussing problems, necessities of real participation in decisions of all kinds taken by governments around the world. People mobilized by mobile phones are occupying public spaces from Sydney to Oslo, from Buenos Aires to Moscow, changing the world, continuously.

2 I THE IMPORTANCE OF SCIENTIFIC DISSEMINATION TO ORDINARY GLOBAL CITIZEN

The second part of this reflection is based in a 2011 publication of Bahia State Federal University (1) withthe title "*Diálogos entre Ciência e a Divulgação Científica – Leitura Contemporânea*" (Dialogues between Science ant the Scientific dissemination – contemporary readings).

People and citizens interacting with the C&T themes, at present times, called

“scientific culture” – play an important role in contemporary societies’ political, social and economic life.

The ordinary citizen, at last, becomes the main addressee of the scientific culture dissemination main addressee.

The knowledge and the scientific culture are the promoters of the critical citizenship formation with scientific work resulting in the social well-being of the global population, which involves principles and civilizing ethical values, in addition to attitudes, habits and information.

The consolidated access to scientific information concept is vital, but, more important indispensable to the complete of the participatory citizen, embodies ethic, social, politic, economic, and corporative concerns and imposes that the disclosure of C&T transcends its academic circle and effectively reaches the whole society.

Social behavior is greatly influenced by knowledge, which enables the individual to understand and criticize the society and claim and strive for changes.

In other words, searching for the continuous improvement of the quality of life with the support science is a recipe for a commitment to the development of true citizens and to their participation into the positive transformation of the social and cultural relationships of all humanity.

The austro-english phylosopher Karl Popper [1902- 1994] stated that:

“Civilized citizens aren’t the product by chance, but actually an education process”. Another reference is made to the French philosopher Michel Foucault (1926-1984): “There is no neutral knowledge, all knowledge is political”.

Science and technology are closely related to citizenship and democracy. The mobilization of people begins at knowledge acquisition.

So, science, education and the formation of a science culture are, above all, a transforming step, favorable to the individual, necessary cognitive and critical resources essential to his/her participation in the society.

The reverse of this is the “scientific illiteracy”, whose consequences are much more dangerous today than in the past because nowadays people are stimulated to have a much more intense participation in the society’s life.

Ordinary citizens are threatened by their ignorance of the true causes of issues humanity faces today, produced either by ourselves, human beings, our actions (ethic, social, politic), or natural unavoidable phenomena resulting from the constant 5 billion year old transformation process that affects planet Earth, like global warming.

We all should be ready to solve and to avoid the former and to attenuate the impact of the latter on human- kind.

This depends upon the scientific/humanistic information common citizen access to. Instead, the so-called “scientific literacy” has been facing difficulty to perform, since this idea of bringing the science to the ordinary citizen was first mentioned in the XIX century.

Scientists have not-succeed in achieving the goal of building a widespread scientific culture in mankind, we must admit.

Why?

Many difficulties are encountered in the process of building of a scientific culture in society.

Common citizens think that science and humanities are subjects, concepts and visions which are only relevant to scientific and humanities communities.

So, they did not learn to link science-humanities to their lives and, as a result, they are not comfortable to think over the world, the society where they live in.

On the contrary, common people are easy targets to the mass media, representing, in general, great political, financial and ideological interests.

So, common citizen are convinced since childhood, of non-civilizing anti-values and absurd anomalies as, for instance, the division of human beings in winners and losers.

It is necessary to promote people's interest and convert the airtight scientific language into an accessible, light and pleasant message to the ordinarycitizen.

Transforming the science into something as culture and social as art.

We have to perceive the scientific field based on the view of inserting it into the social, political and economic context.

An issue that has persisted for a long time, and needs to be discussed: the division between natural sciences and humanities, in order to identify, between them, areas of synergy.

It has been common to accept a bipolar distribution between nature and physical sciences and the humanities.

There would be an insuperable abyss, sometimes with hostility and aversion between these two disciplines of human knowledge.

The pure scientific culture is intrinsic to the western culture displayed as outdated, with a single base of human rationality.

Over the last decades, however, interdisciplinary and multidisciplinary fields stand out in many scientific areas, which have, in their structure and in their origins, elements that eliminate the barriers between the two cultures, the natural sciences and the humanities. Hence, the scientific fields most suitable to serve as a basis to rouse the curiosity of individuals, are suitable and effective tools to overcome scientific illiteracy and to build a scientific/humanistic culture.

This is extremely important now, when we reach a very special and decisive moment in mankind history: not only because humankind is facing a long list of ethical and social problems, but an extraordinary scientific-technological development and a new industrial revolution.

It is not acceptable anymore that humankind perseveres in such human tragedy, criminal extinction of other species and environmental havoc of large proportion.

Responsible global citizens, worldwide, must play a crucial role so that its implementation shall be pro people not impairing them.

There is neither place nor time for wishful thinking.

Science and technology and the forthcoming industrial revolution must, compulsorily, contribute to the general well-being of all human beings. However, it will be different if conscious citizens do not engage and fight against the status quo it will deepen the humane tragedy context that we see nowadays worldwide.

In an article – published in 2006 – by the magazine *The Futurist*, of WFS (2), Ray Kurzweil foresees, with great optimism, the future of humankind as result of the extraordinary scientific & technological developments, at that time already in progress. Other authors, however, do not agree.

They state that, historically, science and technology have not always promoted social and economic advancements for the majority of mankind.

They defend human life comprises a lot of experiences and emotions much more important than the simple material fruition promoted by the scientific and technological development.

Some time ago, in an interview (3) to a Portuguese newspaper, the Italian philosopher Franco Berardi warned about the threats humankind will face in the future.

He focuses on the very negative aspects the financial ultra-capitalism is bringing to humankind, mainly in the western world, associated with the forthcoming industrial revolution.

But the 4.0 revolution has brought about the worldwide computational science and dissemination of internet.

The fantastic proficiency in providing, in real time, to interconnected people worldwide the ability to discuss problems and find solutions, has created the basic conditions to raise the global citizenship.

Internet and electronics are the perfect tools to be used to take the scientific-humanistic culture to the global common citizen, wherever he/she lives on the planet.

3 I BENEFITS OF TEACHING BASIC KNOWLEDGE ON GEOLOGICAL SCIENCE TO ORDINARY PEOPLE

It is easy to accept basic scientific/humanistic knowledge spreading since childhood – of course according to specific didactic tools – will be an effective, enriching contribution for the formation of future responsible citizenship, in spite of children may have contact with anti-civilized visions and attitudes throughout their lives until adulthood.

Thinking in the near future, it can seem unrealistic, but it is possible to build a new scientific culture through the scientific literacy, which should begin at school, since the early stages of life, in childhood.

The role of schools role at the elementary level for the formation of this “scientific

culture" is crucial.

The extraordinary communication capabilities that electronic tools enable in the modern education systems are splendid to teach children.

The challenge is to create an educational system that rouses the curiosity of children and teenagers and keeps their motivation levels up to promote lifelong learnings, creating civilized citizens in every sense.

That said, let us try to imagine why and how Geology can contribute to the dissemination of a scientific-humanistic culture in humankind, and, very importantly, focusing our children.

All it will be discussed here, is perfectly known by geologists.

As far as I'm concerned it is not difficult for us, geologists, to realize the importance of our contribution.

First of all, because Geology is – maybe a rare exception among all scientific spectrum – a multidisciplinary science, markedly interdisciplinary, to represent a concrete "bridge" between the scientific and humanistic cultures.

Besides that, Geology brings to all scientific statement two basic concepts to understanding the phenomena, along with eventually related problems and, very importantly, the solutions considered to be applied: time and the continuous, unstoppable transformation process our planet is submitted

This statement, presently accepted with relative ease in scientific circles, largely comes from Robert Frodeman's extraordinary work "Geological reasoning: geology as an interpretative and historical science" (4).

Frodeman confirms this form of Geology when defends – ex-cathedra – that geology is not a science that comes only from logic techniques, such as Physics. He states:

"the geological thinking developed its own set distinct of logic procedures – what actually embodies a different methodology in the sciences context and offers a global model – better than physics – to understand the reasoning logic into sciences and daily life."

In subsequent work, equally a benchmark, (5), Cervato & Frodeman take up the impact of the sense of geological time prints in the mankind history analyses, with cultural, educational and economic consequences in the society.

Geology is not only the science that deals with the past of our planet, as it can be thought of by ordinary people.

Geological science attempts to explain and to predict natural events involving changes to the natural environment and threats to human beings. Geology tries to predict natural "disasters" to people, so far with little success, as per recent, astonishing lava flows in Hawaii.

Geology is a scientific-humanistic base for knowledge and reflection – ethical, ideological, political, social, economical, technological – not only our future, but also of our responsibility on the preservation of the environment and other living beings on the planet.

This is Geology.

To eliminate the scientific illiteracy – it's worth remembering – some messages from Geology can influence civilizing formation of the new global citizens, mainly when information is delivered to them in the childhood.

The most important and leading message is that planet Earth is integrated in a unique space, everywhere, in spite distances.

In addition, the Earth is a "living organism", inasmuch as it has its own ways and processes to change, to transform and to evolve by itself.

That is the way it always been since its inception, about 5 billion years ago.

Plate tectonics promotes a scientific understanding of our planet upon an unified, consolidated view of the Earth history as an integrated system of dynamic forces that permanently shapes the planet's surface.

An earthquake in New Zealand, in the South Atlantic is immediately greeted for new fumaroles in Stromboli, in Aeolian Islands, in the Mediterranean.

All inhabitants on this planet live in a whole and unique one place. So, we are all together.

The New Zealander who feels the earthquake is not different from the Italian who records the fumaroles in Stromboli, neither from the Brazilian in Copacabana Beach, that is drifting apart from Africa by 2 cm per year. All these phenomena result from plate tectonics and sea floor spreading, scientific base for Geology.

Regarding life itself, plate tectonics has brought to us an extraordinary meaningful contribution.

It links every living beings, the entire Earth's biota, at the origin of our primordial own life, which emerged on this planet, around of fumaroles, from the deep ocean trenches, over 3 billion years ago.

Geology teaches us all living beings on this planet – humans, animals and plants – have the same, single origin.

This scientific knowledge - concerning the planet Earth as an integrated "organism", since its formation, submitted to an uninterrupted transformation process - could to be accessible to people to develop a sense of **belonging** our planet. And this learning will be much more effective and permanent for life if taugth since early childhood.

As a direct, immediate and inescapable of this feeling, the consciousness that benefits from the exploration of **all** Earth's natural resources - since they were not built by human beings but by a natural billion year process - must be allocated to all of us, not to a privileged part of the humanity.

Furthermore, having in mind that the Earth's natural resources are finite, they are not renewable, we have to explore them under the conservationism's ethics.

Our planet does not distinguish us, neither isolate us. On the contrary, it belongs to us, it joins us, we are all the result of its permanent evolution

Specifically concerning about our species, *Homo sapiens sapiens*, the same occurs.

We, human beings, homo sapiens sapiens, are all descendants from the same group of dwelling anthropoid primates in Africa, around 350 000 years ago.

After a continuous evolutionary process, human beings have acquired advanced intelligence, extreme cognitive capacity, irrepressible vocation to reflection about the significance of life, about the planet, the Universe. And an infinite innovation power.

This scientific statement is the inescapable truth:

"We, all human beings have the same sole origin, we live in the same home, we are all equals, we are all siblings. Nothing separates us, everything unites us."

Someone already say, with remarkable wisdom: " we need bridges, no walls."

This fact imposes to us – as infinitely the most intelligent of the entire earth's biota and, as a consequence, hegemonic species – therefore, the ethical obligation to respect, defend and keep the survival of all living beings remaining on our planet.

Under the environmental viewpoint it is the same situation: the criminal firing of South American Amazon forest and the incredible devastation of taiga – Russia, impact the climate of the whole planet, which will affect everybody, from Artic Greenland Eskimo to the Brazilian Yanomani living inside the dense equatorial forest.

The central, most important message is: planet Earth is the common home, for all of us, human beings and all the other beings living on it.

We share the same destiny.

Humanity built a continuous process which requires general and unrestricted acceptance of principles and values which are beneficial to the preservation of life, to the equality for all, to the right to live in dignity, to rights and duties we established in order to promote what we call **civilization**.

Geology, and just Geology, can bring to us this awareness. This is not a naïve statement.

This is Science.

It is easy to understand this message for those who regularly deal with science.

But for common people, who commonly are scientifically illiterate, this can be difficult.

So, this essential geological information, from a scientific-humanistic culture, has to reach everybody, worldwide, as soon as possible, mainly in the childhood

Geology can, effectively, contribute to the eradication of scientific–humanistic illiteracy of all citizens on this planet and to the formation of a true global citizenship, with civilizing principles and values and consciousness of their ethical, political and social responsibilities of mankind, in harmony with all other living beings and the environment.

The perception of our full responsibility towards the planet Earth, as a whole, is revolutionary.

It is the foundation, the bedrock, literally, to promote the constructing of a new, civilized humankind.

Everyone, all human beings, without exception, have the right to freedom, full

increasingly participatory democracy, decent life, with equal opportunities for all to live in a planetary society without hate, prejudices and exclusion.

It will be our today's children, who – as adults in the near future, the true and effective global citizens – will fully understand and take responsibility on behalf of all humankind, for the70 year old *Declaration of Human Rights* (UN 1948,(06) and the *State of the Planet Declaration – Planet Under Pressure*, 2011 (7).

Last but not the least, is time for global citizens to understand the meaning and be acquainted with the term "Anthropocene".

We, human beings, are over 7 billion living on planet Earth.

An animal species with unbeatable power to influence, interfere and transform the natural environment.

Geological time is divided from the beginning in eons, eras, periods and epochs. Concerning life, informally, there are "ages" of invertebrates, amphibious, reptiles and mammals.

But, as in relation to the evolution of species we, homo sapiens sapiens, are so immensely different from other animals to the point of interfering on natural environment that, in 2000, Paul Crutzen, dutch Nobel Prize winner in chemistry, proposed the denomination " Anthropocene" to this period we are living, whose beginning is defined around 10,000 years ago, the end of last glacial Earth's age.

So, it's critical that human beings understand that the Earth is in an interglacial time and how our actions on Earth influences, for instance – only to make reference to a big environmental problem humanity is presently facing – the global warming.

First of all, the global warming is a natural, geologic, unstoppable phase of Earth's history.

But, there is no doubt human beings actions have an impact in it.

There are different scientific opinions not about the geologic warming age but about how much human action is part of it.

Big or small, human beings can contribute to attenuate the negative effects of global warming on people's life.

4 I CONCLUSION

The knowledge of basic Geology can, effectively, contribute to the understanding of this process and to the construction of a really civilized humanity.

Much better if, since the childhood, we learn about.

If this is accomplished, Geology, as science will have finally fulfilled its mission – as all other Sciences – just for the benefit of mankind.

REFERENCES

1. Porto C.M., Brotas A.M., Borlotiero S.T. orgs. 2011. *Diálogos entre ciência e divulgação científica.* Leituras contemporâneas. Salvador, Bahia: Ed. UFBA.

2. Kurzweil, R. 2006. Reinventig Humanity. The future of Machine-Human Intelligence. *The Futurist (WFS),* March-April: 39-48.

3. Berardi, F. 2018. O pensamento critico morreu. *O Jornal Econômico l7/06/20l8*, pp. 1-8. URL: http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/franco. berardi-o- pensamento-critico-morreu- 21558#. WyvMrbZf3dm.

4. Frodeman R. 2010. O raciocínio geológico. A geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ Didatica*, **6**(2):85-99. URL: http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v6_2/TD_ v6_2.html.

5. Cervato C., Frodeman R. 2012. The significance of geologic time. Cultural, educational, and economic frameworks. *The Geological Society of America*, Special Paper **486**:19-27. DOI: 10.1130/2012.2486(03). Trad. *Terræ Didatica*, **10**(1):67-79. https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v10_1/P DF10_1/TD10-t005-Cervato.pdf.

6. ONU. 1948. *Comitê de Redação da Declaração dos Direitos Humanos*. Pallais de Chaillot, Paris.

7. Brito L., Stafford-Smith M. 2012. *State of the Planet Declaration planet under pressure.* New Knowledge Towards Solutions Conference, London, p. 26-29.

CAPÍTULO 2

ALTERAÇÕES GEOMÓRFICAS COSTEIRAS ENTRE ANCHIETA E GUARAPARI, NO ESPÍRITO SANTO, APÓS IMPLANTAÇÃO DO TERMINAL PORTUÁRIO DE UBÚ DA SAMARCO MINERAÇÃO

Data de aceite: 01/11/2022

Roberto José Hezer Moreira Vervloet
Geógrafo do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo. Mestre e doutor em Geografia Física pela USP. Pesquisador associado ao ORGANON –Núcleo deEstudo, Pesquisa eExtensão em Mobilizações Sociaisda UFES

Pablo Merlo Prata
Oceanógrafo e Engenheiro Civil do Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES

RESUMO: O capítulo trata de estudo realizado para investigar o papel do Terminal Portuário de Ubú, da empresa Samarco Mineração S.A. no processo de alteração da linha de costa no Embaiamento Meaípe Maimbá, entre Guarapari e Anchieta, no Espírito Santo. A metodologia da investigação foi fundamentada no conjunto integrado de etapas e subetapas com técnicas de sensoriamento remoto, fotointerpretação, georreferenciamento de fotografias aéreas, dados de campo, através de perfis de praia e cálculo da quantidade de sedimentos aprisionados por meio do método matemático dos trapézios. O objetivo geral foi investigar o processo de progradação da linha de costa e a determinação do grau de influência do molhe hidráulico do terminal portuário, com aprisionamento de sedimentos em sua porção sul e erosão na porção norte. Verificamos que esse aprisionamento interfere fortemente no balanço e distribuição de sedimentos ao longo das praias do embaiamento, respondendo pela diminuição da faixa de areia e destruição da orla de Meaípe, aonde a praia vem sofrendo processos erosivos intensos nos últimos anos. A quantidade de sedimentos calculados no processo de aprisionamento nos últimos 42 anos foi de cerca de 335.972,68m³ de areia. A análise do grau e magnitude das alterações da morfologia e morfodinâmica das praias impactadas geomorfologicamente pelo terminal também foram realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Terminal portuário, morfodinâmica, transporte sedimentar e equilíbrio estático.

ABSCTRAT: The chapter deals with a study carried out to investigate the role of the Ubú Port Terminal, from the company Samarco Mineração S.A. in the process of altering the coastline at the Embaiamento Meaípe Maimbá, between Guarapari and Anchieta, in Espírito Santo. The investigation methodology was based on the integrated set of steps and sub-steps with remote sensing techniques, photointerpretation, georeferencing of aerial photographs, field data, through beach profiles and calculation of the amount of trapped sediments through the mathematical method of trapezoids. The general objective was to investigate the process of progradation of the coastline and the determination of the degree of influence of the hydraulic jetty of the port terminal, with sediment trapping in its southern portion and erosion in the northern portion. We verified that this imprisonment strongly interferes in the

balance and distribution of sediments along the beaches of the embayment, responsible for the decrease in the strip of sand and destruction of the edge of Meaípe, where the beach has been suffering intense erosive processes in recent years. The amount of sediment calculated in the trapping process in the last 42 years was about 335,972.68 m³ of sand. The analysis of the degree and magnitude of the morphology and morphodynamic alterations of the beaches geomorphologically impacted by the terminal were also carried out.
KEYWORDS: Port terminal, morphodynamics, sedimentary transport and static equilibrium.

1 I INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros são sustentados por processos geomórficos que possuem equilíbrio dinâmico sensível as intervenções provocadas por obras de engenharia para construção de portos públicos e terminais portuários de uso privado. Em grande parte dos casos as infraestruturas instaladas acabam por ocasionar grandes modificações na morfodinâmica desses ambientes, alterando de forma significativa os processos responsáveis pela estabilidade da paisagem costeira.

As intervenções resultam, geralmente, no aumento de processos erosivos de um lado e incremento de sedimentação de outro, com retrogradações e progradações que respondem por transformações na própria linha de costa, especialmente na morfologia e morfodinâmica do sistema praia planície.

Os resultados dessas intervenções são consequências diretas nos espaços urbanos situados próximos à costa, com problemas socioambientais de custos elevados para a sociedade. Comunidades pesqueiras, zonas turísticas, populações costeiras e espaços de preservação e de uso público são exemplos de setores diretamente afetados (HOFMANN, 2015) e (ROBERT MORAES, 1999).

A instalação de obras de engenharia para construção de terminais portuários, muitas vezes demanda a construção de molhes, píeres, enrocamentos, dentre outras estruturas que, em geral, interferem no balanço de sedimentos sustentado pelos processos de deriva litorânea com erosão e sedimentação, a depender da direção dessa deriva ao longo da linha de costa (LÄMMELE; ROSA; BULHOES, 2017), (VIEIRA; PINTOBEIRA; SOUZA, 2007), (XIMENEZ NETO; MORAIS; PINHEIRO, 2018), (LIMA BARRA, 2015), (PROCOSTA, 2018), (ALFREDINI; ARASAKI, 2014), (MAGINI et al., 2011), (MARQUEZ, 2009) e (MELO; GONZALEZ, 1995).

Intervir nos ambientes da Zona Costeira pressupõe, portanto, o conhecimento integrado dos processos de transporte, deposição e retirada de sedimentos responsáveis pela manutenção dinâmica da originalidade paisagística desses espaços naturais. Conhecimentos pertinentes aos processos que ocorriam anteriormente à instalação das estruturas são necessários, demandando trabalhos de cartografia geomorfológica retrospectiva em documentos cartográficos de imagens de satélites, mapas e fotografias aéreas antigas, sempre anteriores às intervenções, para efeitos de comparação com os

processos atuais (VERVLOET, 2021).

Em um trecho da costa capixaba, denominado de Embaiamento Meaípe Maimbá, localizado entre os municípios de Anchieta e Guarapari, foi instalado, no ano de 1977, o Terminal Portuário de Uso Privado de Ubú, pertencente à empresa Samarco Mineração S.A. para exportação de *pellets* de ferro, explorados no Quadrilátero Hídrico[1] de Minas Gerais. Desde essa época este embaiamento vêm sofrendo processos de progradação e retrogradação que fogem aos mecanismos geomórficos naturais de manutenção das praias deste trecho da costa, a partir do ponto onde foi instalado este terminal.

Com a construção deste terminal, o trecho foi segmentado, interferindo diretamente no transporte líquido de sedimentos na célula de circulação que responde pelos processos de deriva litorânea. A resposta geomorfológica da intervenção foi o acúmulo e aprisionamento de sedimentos na porção norte do molhe portuário, indicando a atuação preferencial do transporte longitudinal de sedimentos no sentido norte para sul, ocasionando progradação e erosão no segmento norte do embaiamento.

Para analisar as alterações que esse terminal ocasiona neste embaiamento, em especial nas praias que o compõem, foi realizado um estudo científico por técnicos do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA, 2019), com o objetivo de caracterizar os processos geomorfológicos e de alteração da linha de costa nesta porção do litoral capixaba, originados da implantação deste terminal. Este estudo avaliou a progradação da linha de costa (pós-terminal) e a determinação do grau de influência do molhe hidráulico do terminal portuário, com foco no aprisionamento de sedimentos em sua porção norte e processos erosivos desencadeados nas praias que fazem parte do embaiamento. Isto possibilitou, de certa forma, investigar melhor o grau e magnitude das alterações da morfologia e morfodinâmica presentes neste trecho da costa. O cálculo da estimativa da quantidade de sedimentos aprisionados no setor norte, em relação ao terminal portuário, também foi realizado por meio da técnica matemática dos trapézios.

Importante frisar que neste estudo o aprisionamento de sedimentos é entendido como o processo de confinamento destes em um setor da costa, de modo a não ficar mais disponível ao balanço sedimentar que responde pela manutenção do sistema praia planície. Desse modo, após deposição, este material sedimentar não retorna aos processos de deriva litorânea, devido ao seu confinamento em um dado setor, provocado obviamente, por uma estrutura mal projetada.

1.1 – Praias: espaços naturais de uso público

As praias podem ser consideradas como espaços dotados de particularidades com

1 Em oposição ao termo “Quadrilátero Ferrífero” popularizado pelas empresas de mineração de forma estratégica e política, preferimos utilizar o termo “Quadrilátero Hídrico” como é utilizado pelos movimentos sociais, populações locais e cultura local, em referência a riqueza hídrica e paisagística dessa região.

características naturais ou de ocupação que lhes são próprias, circunscrevendo um meio geográfico com localização diferenciada, propiciando alguns usos que são peculiares e exclusivos do litoral. Trata-se, sem sombra de dúvida, de um dos ambientes componentes mais importantes da zona costeira, com originalidade paisagística funcional aos usos e apropriações sociais desses espaços. Comunidades pesqueiras, populações tradicionais, segmentos turísticos, trabalhadores do comércio, praticantes de esportes, entre outros, possuem contato direto com o ambiente de recreação e lazer propiciado pelas praias, vivendo, e, muitas vezes, dependendo economicamente de seus atributos paisagísticos (ROBERT MORAES, 1999).

Integrada a outros ambientes, entre eles o mais importante, as planícies imediatamente adjacentes, as praias formam, junto a essas, um sistema geomórfico complexo, conectado a processos dinâmicos que na busca de equilíbrio responde pela configuração de grande parte das costas tropicais. Desta integração e complexidade originam-se diversos tipos de feições que dão aos litorais características particulares responsáveis pela diversidade de ambientes costeiros (BIRD, 2008).

Juridicamente o sistema praia planície é considerado como um dos principais ambientes da Zona Costeira e, segundo o art. 10 da Lei Nº 7.661/88, as praias são espaços públicos, tendo que ser assegurado a todos os cidadãos o livre e amplo acesso ao mar em qualquer direção e sentido, sendo, neste contexto, considerados como patrimônio de todos. Portanto, trata-se de espaços de uso público que precisam ser preservados como bem de uso comum, pressupondo ao Poder Público atuar, sempre que se fizer necessário, no sentido de garantir todos os processos físicos e biológicos responsáveis pela manutenção da originalidade de sua paisagem.

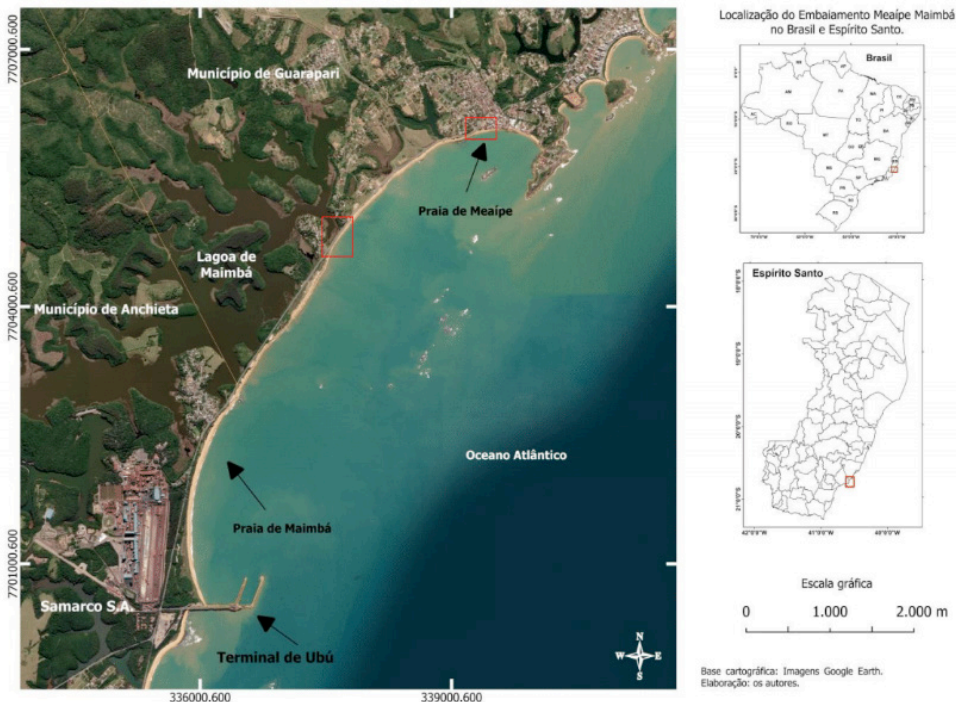



Figura 01. Localização geográfica do Embaiamento Meaípe Maimbá. A quadrícula em vermelho na Praia de Meaípe é a localização das fotos da figura 02 e 3.

No Embaiamento Meaípe Maimbá existem duas praias que estão sendo fortemente impactadas desde 1977, quando ouve implantação do Terminal de uso Privado de Ubú (erroneamente chamado de Porto de Ubú): as praias de Meaípe, no município de Guarapari e de Maimbá, no município de Anchieta, figura 01. As referidas praias apresentam dificuldades de manutenção do seu equilíbrio dinâmico e balanço sedimentar pelos processos de deriva litorânea, com deposição de sedimentos em uma ponta e erosão costeira em outra, interferindo diretamente na preservação desse espaço de uso público.

Figura 02. Orla da Praia de Meaípe, com faixa de areia reduzida em processo de retrogradação. Foto A, visada para sul, foto B visada para norte, e na C detalhe da foto B com estrutura de arrimo e avenida da orla destruída pela erosão. Para localização das fotos vide figura 01. Fonte: os autores.

Muito utilizado pela comunidade turística e pelo comércio local, a praia de Meaípe pertence ao bairro Meaípe, da cidade de Guarapari e, diferentemente da praia de Maimbá, recebe muitos turistas nos meses de verão, tendo o comércio e a sociedade local forte dependência econômica desse fluxo turístico. O processo de retrogradação tem atingido fortemente essa praia, diminuindo sua faixa de areia e impossibilitando seu uso pelos banhistas, diminuindo o interesse turístico na região. Fato que impacta diretamente na atividade econômica causando prejuízos no comércio e na economia turística.

Nesta faixa costeira também ocorre importante rodovia, a ES-060, denominada Rodovia do Sol, que cruza o embaiamento no sentido norte sul, ligando importantes zonas turísticas dos balneários dos municípios adjacentes. O trecho desta rodovia que cruza o embaiamento próximo a essas praias também sofre forte processo de retrogradação, como se observa na figura 03. Esse processo tem sido intensificado nas últimas décadas e documentado pela imprensa local.

Figura 03. Processo de retrogradação no trecho da rodovia do Sol ES-060 documentado pela imprensa a décadas. Fonte: Jornal A Gazeta (22/07/2019) e (30/10/2021).

A solução que frequentemente vem sendo adotada no Brasil pelas autoridades responsáveis é utilizar dinheiro público para projetos de engordamento de praias, gastando dinheiro do orçamento das secretarias de obras e transportes, ao invés de cobrar juridicamente das empresas responsáveis por esses terminais portuários de uso privado, o ônus socioambiental que elas provocam com essas infraestruturas mal projetadas. Entretanto, esta solução tem apresentado sérios problemas geomórficos em termos de busca de equilíbrio dinâmico nos processos costeiros, pois se trata de projetos que não podem ser aplicados em todos os casos, somente em situações específicas e muito bem planejadas (SWART, 1991), (KANA; MOHAN, 1998), (HANSON et al.,2002).

Em junho de 2020, o governo do Espírito Santo abriu processo para obras do projeto de Contratação Integrada (RDCi), de empresa ou consórcio especializado na elaboração do projeto básico, executivo de engenharia e execução das obras de contenção da erosão e restauração da região costeira de Meaípe, com extensão de 3.300m, no município de Guarapari-ES. O investimento é de R$ 67 milhões nas obras que serão executadas pelo

Departamento de Edificações e de Rodovias do Espírito Santo (DER-ES).

Entre os serviços que serão realizados estão a contenção do processo erosivo no trecho mais afetado (cerca de 3.300 metros) pela erosão, além da execução da dragagem, aterro hidráulico, construção de enrocamentos, como espigões, molhes ou quebra-mares com objetivo de proteger as áreas costeiras da ação de ondas marinhas. As obras incluem também a alimentação artificial da praia, também chamada de engordamento, que vai promover a reabilitação do trecho costeiro em, aproximadamente, 40 metros.

O dinheiro dessa obra deveria ser utilizado em demandas de interesse social tais como educação, saúde, segurança, cultura, entre outros, e não para atendimento de impactos socioambientais provocados por uma empresa privada. Dessa forma, além da empresa não arcar com os custos da recuperação/restauração desse espaço público é transferido para a sociedade os ônus econômico e socioambiental ocasionado por um terminal privado de uso único e exclusivo dela.

2 | CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O trecho do Embaiamento Meaípe Maimbá possui aproximadamente 10 km de extensão, sendo delimitado ao norte e ao sul por dois promontórios, o de Meaípe e Ubú, respectivamente, conforme pode ser observado na figura 01.

Conforme a descrição de Albino, Jiménez e Oliveira (2016) e análise de Albino, Girardi e Nascimento (2006) este embaiamento se caracteriza pela presença de colinas esculpidas em rochas cristalinas pré-cambrianas e planícies sedimentares neogênicas alternadas, formando praias e planícies costeiras descontínuas. A praia de Meaípe apresenta estágios que vão de refletiva a intermediária, ao passo que na praia de Maimbá há predomínio do estágio intermediário, segundo a classificação de Wright e Short (1984).

Observa-se ainda a ocorrência de pequenos arcos de praia e a presença de falésias ativas, precedidas de praias com pequenas ilhas e terraços de abrasão presentes na porção central desse embaiamento. Há presença de pequenos cordões litorâneos estreitos sob efeito de transposição das ondas, dunas transversais, praias intermediárias e substrato horizontal recoberto por concreções lateríticas em alguns pontos. No local ocorre, também, a lagoa de Maimbá que possui uma pequena drenagem que deságua na praia de Meaípe. No entanto, não existe desembocadura fluvial significativa no trecho estudado.

O clima na região é caracterizado por chuvas tropicais de verão, com estação seca durante o outono e inverno. Porém, essas duas estações podem registrar precipitações frontais oriundas das massas polares originadas no sul do Brasil. A temperatura média anual é de 22° C, ficando a média das máximas entre 28° e 30° C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15° C (ALBINO; GIRARDI; NASCIMENTO, 2006).

De acordo com Bandeira, Petri e Suguio (1975), os ventos de maior frequência e maior intensidade são os provenientes dos quadrantes NE-ENE e SE, respectivamente. Os

primeiros estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto que os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa capixaba.

Neste sentido, as ondas que atingem a costa capixaba procedem de dois sistemas principais NE-E e SE-E, com predominância do primeiro (BANDEIRA et al., 1975). Estas ondas são geradas, portanto, por estes dois sistemas, sendo que as ondas do sistema SE-E, associadas às frentes frias, embora sejam menos frequentes, são mais pronunciadas do que as do quadrante NE, ocorrendo com mais frequência no inverno e início do verão. Já o trem de ondas provenientes dos sistemas NE-E tem frequência maior, atuando nos meses de verão e outono, quando há predominância de tempo com maior grau de estabilidade. Dados sobre altura, frequência e período das ondas que ocorrem especificamente na área de estudo foram obtidos em relatório de Cepemar (2009) e serão apresentados no tópico análise de resultados.

Souza e Albino (2020) e Souza (2018) apresentam dados mais recente de ondas para a região, confirmando o padrão proveniente dos quadrantes NE e SE. Segundo esses autores, esse padrão também está associado ao sistema de ventos característicos que atuam na região.

3 I METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS REALIZADOS

A metodologia que embasou a realização deste estudo pode ser dividida em duas grandes etapas: *trabalhos de gabinete e de campo*, numa ótica integrada, podendo ser visualizada pelo fluxograma da figura 4.

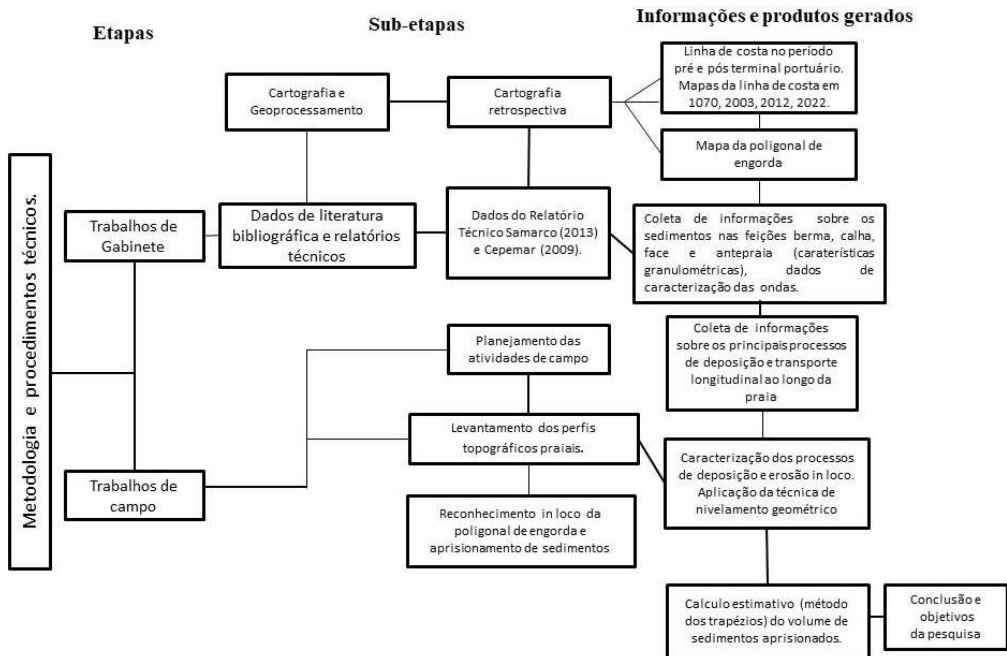



Figura 04. Fluxograma metodológico com as etapas e subetapas realizadas para os objetivos da pesquisa. Fonte: os autores.

Dentro dessas duas etapas foram realizados procedimentos, podendo ser considerados como subetapas no processo de investigação, onde técnicas foram aplicadas, conforme a natureza da informação que estava sendo coletada. Essas etapas e procedimentos são descritos abaixo.

3.1 Trabalhos de gabinete

Os trabalhos de gabinete consistiram na execução das seguintes subetapas:

- Levantamento da configuração da linha de costa do embaiamento nos anos de 1970, 2003, 2012 e 2022, por meio de cartografia retrospectiva, através de fotografias aéreas e imagens de satélite. A base utilizada foram fotografias aéreas de 1970, (Instituto Brasileiro do Café - IBC, acervo GEOBASES/ES), levantamento aerofotogramétrico que compõe o Ortofotomosaico IEMA do ano de 2012, compatível com uma escala que pode chegar ao nível de detalhamento de 1:15.000 e resolução espacial de 0,50 cm e imagens do satélite Geoeye do site Google Earth, anos 2003 e 2022. Trata-se dos anos nos quais foi possível obter documentos cartográficos de melhor qualidade da área. Isso permitiu conhecer a linha de costa no período pré e pós-implantação do terminal. Essa subetapa consistiu em fotointerpretação desses documentos por estereoscopia e uso de softwares de geoprocessamento, com elaboração de mapas da linha de costa nos respectivos anos, para acompanhamento dos setores de deposição e erosão ao longo do embaiamento. Essa

comparação de intervalos de documentos cartográficos com essa resolução temporal tornou possível realizar o mapeamento. Comparando fotografias aéreas de 1970 (pré-terminal) e 2012 (pós-terminal), possibilitou avaliar algumas possíveis dinâmicas que interferem no aprisionamento de sedimentos.

O intervalo adotado justifica-se por nos auxiliar na observação e avaliação do que ocorreu no período anterior e posterior a implantação do terminal. Não é nossa intenção avaliar a evolução da deposição e erosão em períodos sucessivos de tempos, entre esse intervalo. Ressaltamos que não é objetivo aqui estudar os processos de evolução dinâmica da costa ao longo deste tempo, mas os cenários que se configuraram no período pré e pós-terminal por meio da caracterização da alteração da linha de costa posterior à instalação dessa infraestrutura portuária.

- Após os procedimentos de cartografia foi realizada técnicas de sensoriamento remoto por meio de software de geoprocessamento e fotointerpretação. Essas técnicas permitiram elaborar o mapa da poligonal de engorda para planejamento dos trabalhos de campo, além do cálculo do volume de sedimentos aprisionados e planejamento do levantamento dos perfis topográficos. Isso permitiu inserir os locais onde seriam realizados os levantamentos através de perfis topográficos transversais e mensurar a área que sofreu progradação, por meio de um mapa com escala compatível com os processos analisados.

- Junto aos procedimentos cartográficos, os dados sobre a granulometria dos sedimentos de praia foram obtidos nos relatórios Samarco (2013) e Cepemar (2009). Eles foram utilizados para compreender o comportamento morfodinâmico do trecho localizado dentro da denominada “Área de Influência Portuária”. As características granulométricas dos sedimentos que compõem as praias do embaiamento foram obtidas desses relatórios, além dos dados como *frequência, período*, *altura* e *direção de ondas*.

Nesta “área de influência” foram inseridas sete estações amostrais, as quais forneceram informações utilizadas para entendimento dos processos de transporte de sedimentos longitudinalmente à costa. Cada estação correspondeu a um levantamento de perfil transversal à praia, acompanhados de coletas de sedimentos nas feições *berma, calha, face e antepraia*. (SAMARCO, 2013). Este estudo apresenta também dados de batimetria do embaiamento que auxiliaram na análise do transporte longitudinal de sedimentos.

- Para os objetivos deste trabalho foram utilizados os valores de diâmetro médio dos sedimentos coletados na *face praial*, por melhor representar o transporte longitudinal ao longo do embaiamento, conforme os intervalos de classe estabelecidos por Wentworth (1922).

- No levantamento de referências sobre a temática, observou-se que a literatura sobre impactos geomórficos de portos no Brasil ainda é insuficiente. Quando se pesquisa essa temática no Espírito Santo, numa ótica regional, é mais difícil ainda encontrar trabalhos nessa temática.

Em pesquisa de Milanez, Santos e Mansur (2016) é possível encontrar os motivos da

ausência de pesquisas sobre os problemas socioambientais dessas empresas por parte da academia. Eles identificaram a correlação que há entre essa ausência e o poder corporativo econômico na produção acadêmica. Em geral, a restrita produção sobre o tema ocorre devido ao fato das universidades possuírem programas de pesquisa patrocinados por essas empresas, cooptando, desta forma, o interesse acadêmico em favor de pesquisas que não contrariem seus interesses nas regiões em que atuam. Mesmo em revistas especializadas no tema é limitado o número de artigos científicos sobre impactos geomórficos que esses terminais portuários provocam na linha de costa.

- Foi possível encontrar referências realizadas em terminais portuários de outros estados, entretanto, estes estudos não pesquisaram, necessariamente, alterações de linha de costa ocasionadas pela implantação de terminais portuários. Curiosamente foram encontrados trabalhos apontando somente os aspectos positivos desses projetos portuários, mesmo sendo de conhecimento público a existência de efeitos negativos em processos costeiros ocasionados pelas infraestruturas dos portos. Por apresentarem certo enviesamento, estas referências foram desconsideradas.

3.2 Trabalhos de campo

- Com os mapas elaborados, os trabalhos de campo foram planejados e consistiram em reconhecimento de toda a extensão do embaiamento, locais de ocorrência dos processos erosivos e de acúmulo de sedimentos, área de influência do molhe portuário, visita in loco na área poligonal de deposição e aprisionamento de sedimentos.

- Após reconhecimento dessa poligonal, foi feito o levantamento dos perfis topográficos transversais de praia, por meio da técnica de nivelamento geométrico. A referida técnica objetivou subsidiar o cálculo de sedimentos acumulados desde a implantação da estrutura portuária até os dias atuais, além de subsidiar o conhecimento da morfologia praial.

Importante salientar que o cálculo realizado para obter a taxa estimada de sedimentos aprisionados se refere ao perfil subaéreo, ou seja, aos sedimentos depositados no perfil de praia acima da linha de maré, e não abaixo dela. Foram quatro perfis levantados na única campanha realizada ajustados com o nível de maré do dia 25/06/2019, em horário correspondente ao último ponto de cota. O levantamento foi realizado por meio de equipamento de teodolito com estação total.

- Os perfis foram realizados nos setores que pudessem ser bem representativos do perfil de praia, ao longo do polígono de engorda mapeado, se posicionando no sentido de sul, em direção ao norte do polígono, em ordem crescente, tendo como ponto inicial uma faixa de praia correspondente ao traçado da linha de costa, similar a anterior a implantação do terminal portuário. Deste modo, foi possível obter informações sobre os processos mais representativos do polígono de engorda mapeado nos mapas preliminares.

- Diante da execução dessas subetapas foi realizado o cálculo do volume de sedimentos, dispostos ao norte da estrutura portuária, pelo método matemático dos

trapézios, tendo como referência os perfis transversais e o polígono da área de progradação. Esse método matemático é considerado o mais aconselhável para cálculo de sedimentos, em polígonos de extensões territoriais, e para casos como o de acúmulo de sedimentos, em perfis de praia subaéreos (RUGGIERO; LOPES, 2000).

4 I ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Cartografia retrospectiva e alteração dos processos costeiros

Os procedimentos de cartografia retrospectiva da linha de costa no embaiamento evidenciam duas situações em termos de configuração da linha de costa: em primeiro as praias no período pré-terminal, com a linha de costa em seu estado mais próximo do “normal” (ano de 1970), período em que não havia intervenção da estrutura portuária. Em segundo, no período pós-implantação do terminal, com alteração significativa das características praiais e da linha de costa (posterior ao ano de 1970), como podem ser observadas nos mapas das figuras 05 e 06.

De fato, a linha de costa extraída das fotografias aéreas de 1970, quando posicionada nas fotografias dos anos posteriores a construção do terminal, nos anos 2003, 2012 e 2022, evidencia o recuo da linha de costa, em alguns setores da ordem de dezenas de metros, como é possível observar nas quadriculas em escala mais detalhada nos mapas.

O que se observa é a retenção, ou seja, o aprisionamento do sedimento, por efeito do molhe portuário, na zona de “influencia portuária”, ao passo que mais ao sul da estrutura portuária, a linha de costa de 1970 é condizente com as dos anos 2003, 2012 e 2022, evidenciando relativa estabilidade. A literatura científica aponta que esse sedimento com as mesmas caraterísticas deveria ser distribuído naturalmente pelos processos de deriva litorânea ao longo das praias do embaiamento (BIRD, 2008) e (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O papel dessa deriva na construção de planícies, deltas e manutenção das praias é considerado como o fator principal de sustentação dos processos geomórficos responsáveis por essas feições (DOMINGUEZ; BITTENCOURT; MARTIN, 1981a, 1982b), (DOMINGUEZ, 1982), (DOMINGUEZ et al., 1982), (WRIGHT; SHORT, 1984), (WRIGHT; SHORT; GREEN, 1985), (HOEFEL, 1998), (BIRD, 2008), (ADDAD, 1997) e (DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Trata-se, sem sombra de dúvida, do processo mais importante para entendimento de situações onde ocorre forte aprisionamento de sedimentos próximos a essas estruturas, com repercussões na dinâmica dessa deriva, no balanço positivo e na distribuição dos sedimentos ao longo das praias.

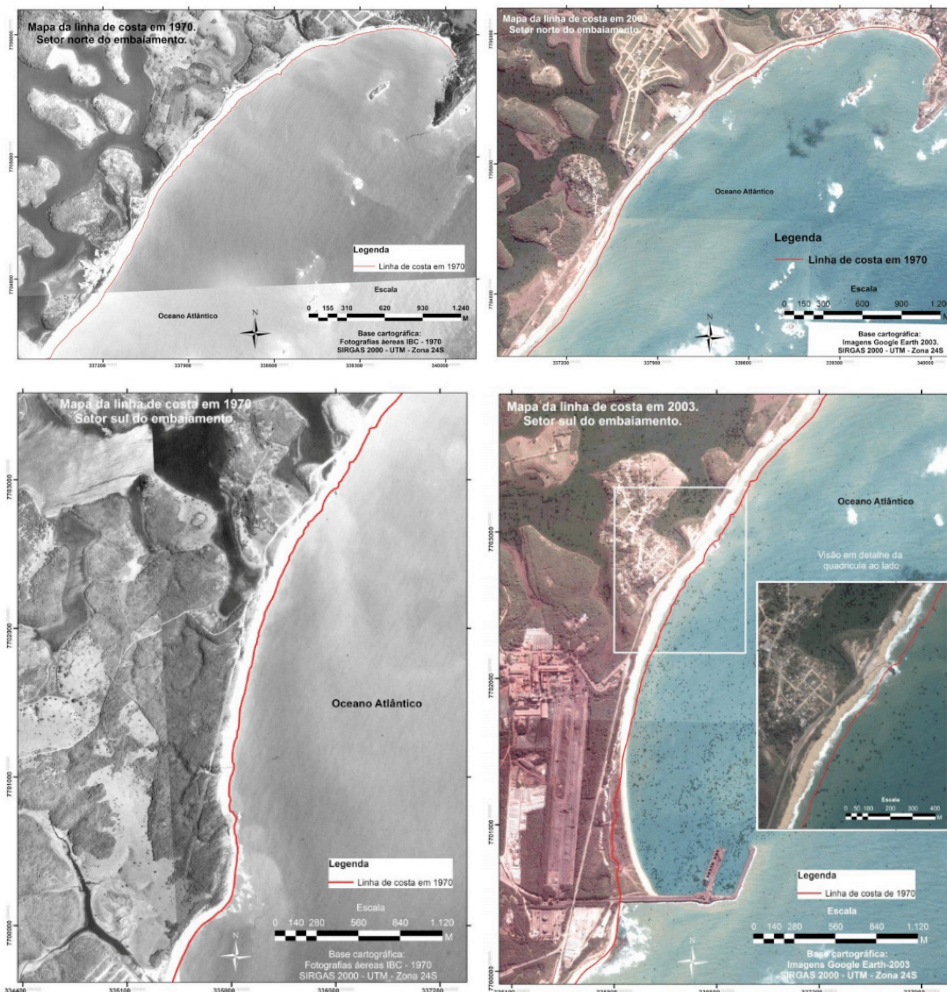



Figura 05. Mapas da linha de costa do embaiamento nos anos de 1970 e 2003 (setores norte e sul). Elaboração: os autores.

O acúmulo desse sedimento na porção norte da estrutura portuária indica predominância do fluxo de sedimentos no sentido norte-sul. Assim sendo, a face praial no sistema praia pertencente ao embaiamento é a feição que melhor caracteriza o transporte longitudinal, pois em termos de morfodinâmica, esta participa do contexto hidrodinâmico pela ação do espraiamento e refluxo de ondas, fluxo bidimensional que permite apresentar um melhor selecionamento da areia que compõe estes sedimentos (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

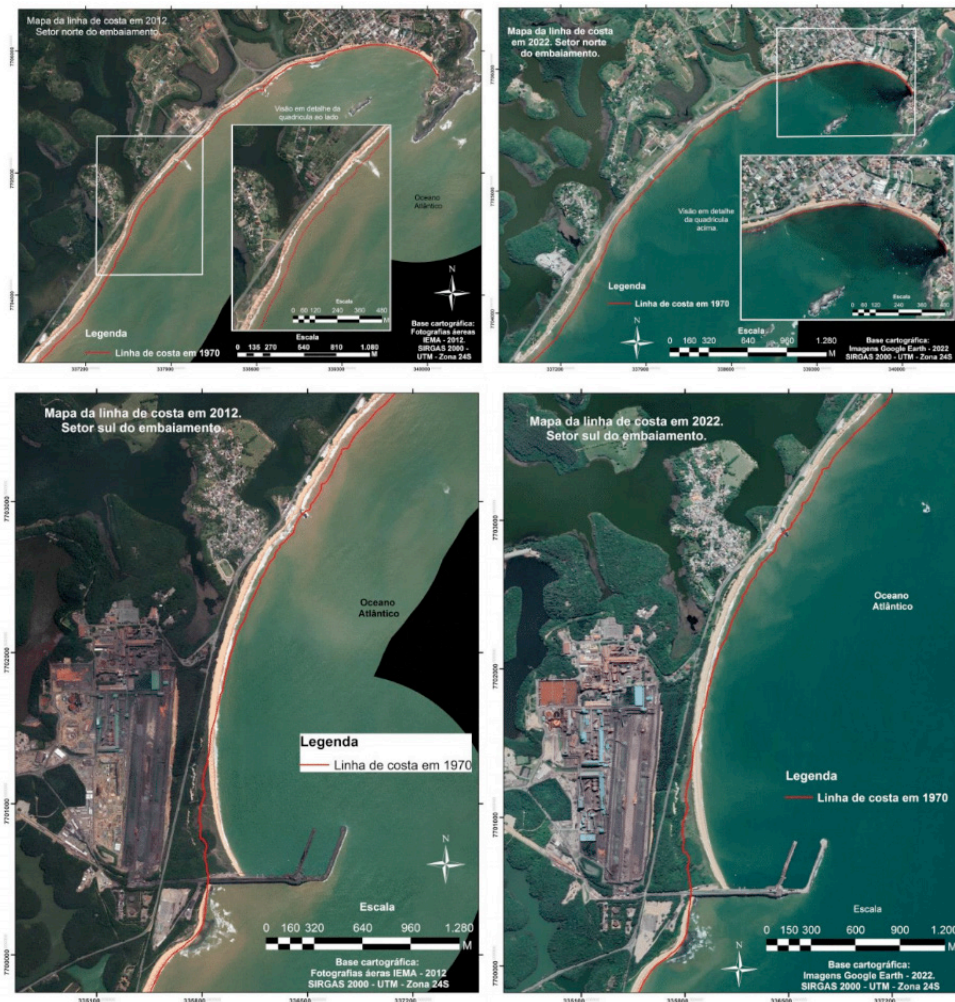



Figura 06. Mapas da linha de costa do embaiamento nos anos de 2012 e 2022 (setores norte e sul). Elaboração: os autores.

De outro lado há acentuada diminuição do estoque de sedimentos nas praias situadas próximas a Ponta de Meaípe, uma vez que esse sedimento aprisionado na porção sul do embaiamento não é redistribuído ao longo de todo o trecho, respondendo dessa forma por um balanço negativo de sedimentos neste setor da costa. Desta forma, há aumento da intensidade de processos erosivos ocorrentes nesta praia, diminuindo a largura da faixa de areia e erodindo a orla, além de aumento da inclinação da face praial.

Experimentos realizados por McCave (1978) demonstraram que o tamanho das partículas sedimentares varia ao longo do transporte longitudinal, aumentando em diâmetro no sentido da corrente. Isto ocorre devido à contínua perda de sedimentos finos, que ficam retidos na praia pelo processo de espraiamento. Neste sentido, a partir do conhecimento

da distribuição do diâmetro médio desses sedimentos arenosos ao longo das praias do embaiamento, foi possível definir a direção predominante do transporte longitudinal. É o que demonstra a variação do diâmetro médio das areias da face praial na área analisada, determinada a partir dos intervalos de classe de tamanhos de grãos definidos por Wentworth (1922).

Os dados contidos nos relatórios de monitoramento da Samarco (2013), realizados entre 2013 e 2019, em pesquisa de campo, são apresentados na Tabela 01. A tabela contem os diâmetros médios dos sedimentos da face praial coletados, o que permitiu visualizar essa variação dos diâmetros médios.

	Estações Amostrais (Diâmetro Médio das Areias na Face Praial em Phi)						
Campanhas	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
Verão 2013	1,36	1,62	1,68	0,74	0,74	0,15	1,13
Inverno 2013	1,62	1,38	1,20	1,13	1,20	0,95	0,76
Verão 2014	1,70	2,25	1,98	1,04	1,31	0,77	0,98
Inverno 2014	1,33	1,28	1,10	1,23	0,98	1,06	0,95
Verão 2015	1,49	1,81	1,05	1,47	1,12	1,07	0,97
Verão 2016	1,60	2,06	0,69	1,55	1,41	0,99	0,59
Outono 2016	2,08	1,99	1,52	1,66	0,99	1,20	0,92
Inverno 2016	1,96	1,42	1,38	1,60	0,40	1,38	0,82
Primavera 2016	1,97	1,39	1,80	1,63	1,75	1,35	1,10
Verão 2017	1,54	1,85	2,01	1,72	1,40	1,02	1,10
Outubro 2017	2,17	1,14	2,45	1,77	1,34	1,69	1,09
Inverno 2017	2,11	2,09	1,77	1,43	1,42	1,15	1,35
Primavera 2017	2,49	2,13	2,08	2,03	1,43	1,11	1,03
Verão 2018	2,40	2,52	2,14	1,78	1,51	2,00	1,36
Outono 2018	2,39	2,33	1,75	1,35	1,13	1,14	1,14
Inverno 2018	2,56	1,75	1,72	2,59	1,44	0,81	0,77
Primavera 2018	1,68	1,34	1,84	1,47	1,40	1,06	1,09
Verão 2019	2,57	1,31	2,04	1,14	0,94	1,65	1,12
Média	**1,95**	**1,76**	**1,68**	**1,52**	**1,22**	**1,14**	**1,01**

Tabela 01 – Compilação do parâmetro diâmetro médio das areias na face praial das estações amostrais P1 a P7 em diferentes campanhas.

Os dados dessa tabela, quando colocados na forma de gráfico na figura 07 permitem observar o comportamento do diâmetro médio das areias na face praial, caracterizando a distribuição temporal do diâmetro médio das areias desse setor em diferentes campanhas realizadas entre 2013 e 2019.

O gráfico demonstra que o diâmetro médio dessas areias variou, em média, da classe de areia média para areia grossa, ou seja, houve aumento no sentido norte pra sul. A linha vermelha vertical plotada no gráfico que representa a média dos diâmetros médios obtidos nas estações amostrais, nas diversas campanhas, demonstra de forma objetiva que o transporte líquido de sedimentos ocorre de norte para sul, devido ao aumento da granulometria dos sedimentos neste sentido, corroborando com as observações de McCave (1978). Isso ocorre porque quando esses sedimentos são colocados em suspensão pelo processo de quebra de onda, na zona de surfe, são submetidos aos fluxos resultantes da chegada de ondas obliquamente à costa, produzindo a corrente longitudinal que transporta sedimentos da zona de surfe, ao longo da costa (WRIGHT; SHORT, 1984), (WRIGHT; SHORT; GREEN, 1985).

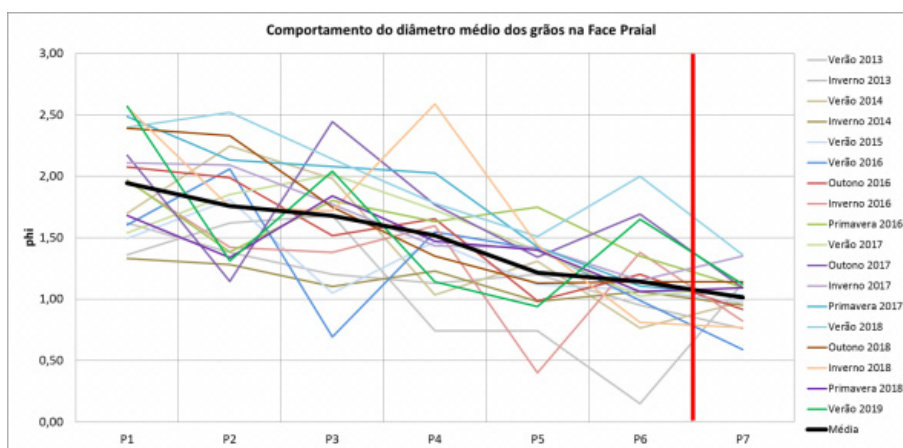



Figura 07. Comportamento do diâmetro médio dos sedimentos arenosos ao longo das estações amostrais. A linha vermelha representa a presença do molhe do Terminal Portuário de Ubú. Elaboração: os autores.

Próximo à praia, como é bem sabido, ocorre outro mecanismo responsável por movimentar areias em ziguezague na face praial, pela ação do espraiamento e refluxo das ondas, o principal mecanismo da deriva litorânea. Ambos os fluxos correm sempre na mesma direção, caracterizando assim um transporte longitudinal de sedimentos paralelo a costa (HOEFEL, 1998), (BIRD, 2008) e (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O gráfico apresenta, também, a ocorrência da diminuição dos diâmetros médios, associado a alguns setores do embaiamento, implicando que, em determinadas ocasiões, o transporte longitudinal ocorre de sul para norte. Depreende-se, desta questão, que a resposta granulométrica obtida é, desta forma, resultado de processos hidrodinâmicos locais associados aos processos descritos. No entanto, para melhor compreensão desses processos, cabe também explorar os agentes responsáveis pelo transporte sedimentar, neste caso as ondas.

O monitoramento de ondas realizado por CEPEMAR (2009), entre 2007 e 2008, indicam que na região do Porto de Ubú predominam ondas com altura significativa (Hs) entre 0,9 e 1,2m, com período (Tp) entre 6 e 8 segundos e direção nordeste-leste (NE-E), conforme apresentado no gráfico da altura de ondas (figura 08), período (figura 09) e direção de onda (figura 10).

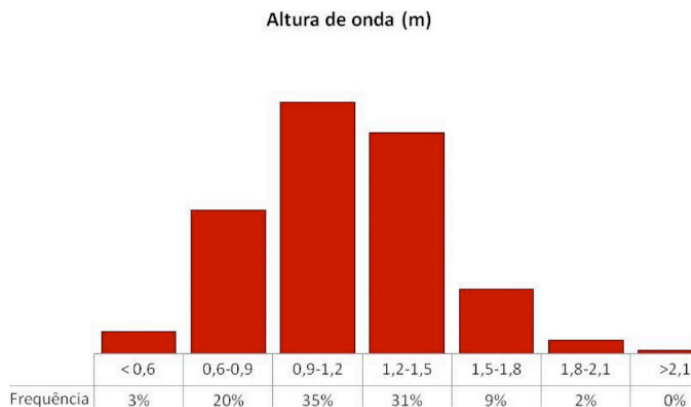



Figura 08. Frequência de ocorrência de altura de ondas medida na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

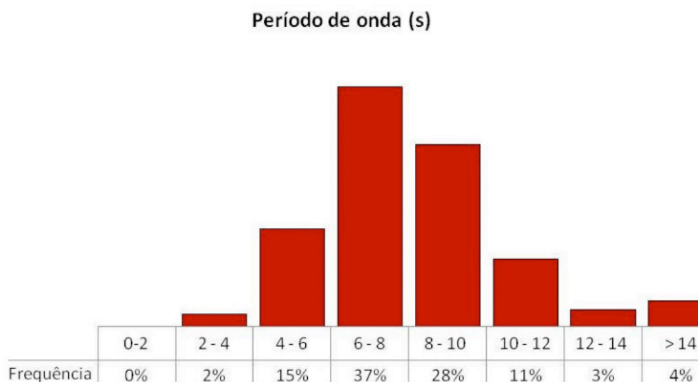



Figura 09. Frequência de ocorrência de período de onda medida na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

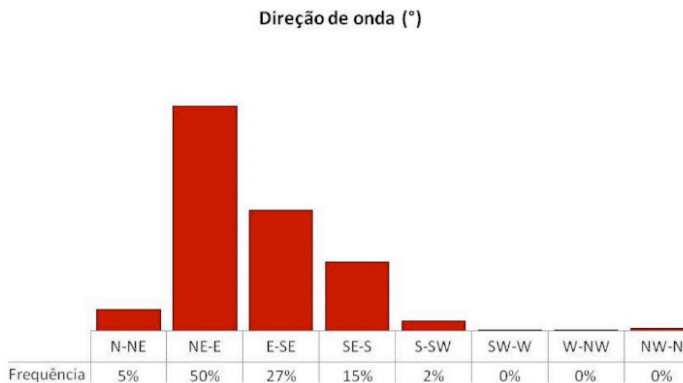



Figura 10. Frequência de ocorrência de ondas, por direção, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

Apesar da predominância de ondas provenientes de NE-E, observa-se que as ondas E-SE e SE-S podem representar cerca de 42% das ocorrências. Os maiores valores de Hs e Tp estão associados, principalmente, às ondas oriundas dos quadrantes E-SE e SE-S (figura 11 e 12), estando associados à entrada de frentes-frias. Estas ondas, por sua vez parecem ter atuação mais pronunciada na dinâmica dos processos de transporte longitudinais. Estes valores representam menos de 3% das alturas maiores do que 2m e 20% dos períodos maiores que 10s.

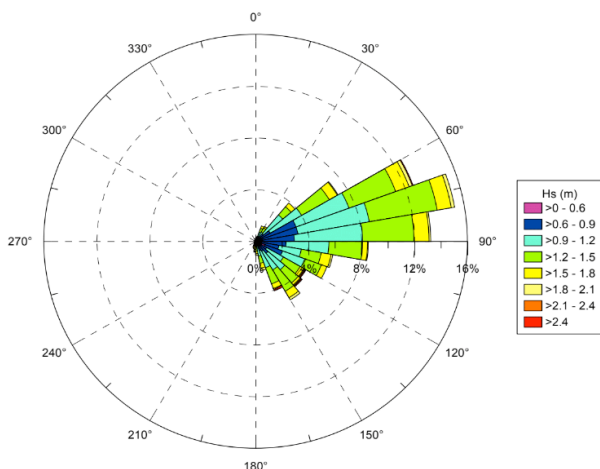



Figura 11. Direção em azimute e altura de onda (Hs), em metros, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

Considerando que o Embaiamento de Meaípe Maimbá está alinhado, aproximadamente, cerca de 30° em relação ao norte, tal posição permite que ondas

provenientes do quadrante NE-E cheguem obliquamente à costa, entre 30° e 60°, produzindo um transporte longitudinal de sedimentos para sul. A predominância de ondas deste quadrante corrobora com os resultados granulométricos indicando transporte líquido para sul, sendo este o processo predominante.

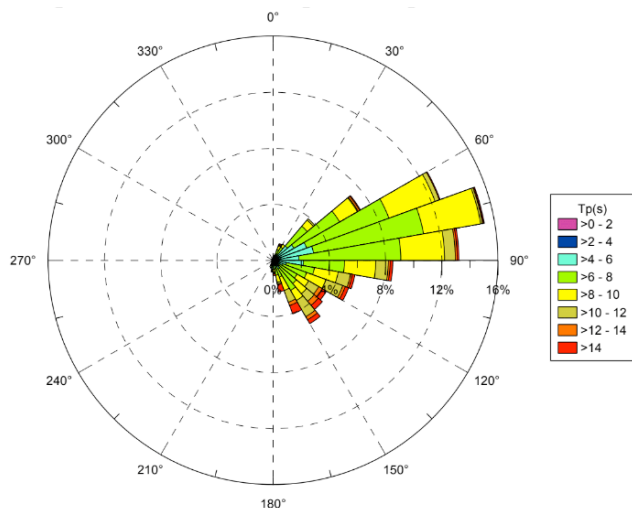



Figura 12. Direção em azimute e período de onda (Tp), em segundos (S) na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

A figura 13 e 14 apresenta, respectivamente, a ocorrência das alturas e períodos de onda em cada estação do ano. Percebe-se que durante o outono acontece a mais significativa mudança de direção de ondas, com dominância dos quadrantes E-SE e SE-S, representado por ondas com menores alturas, porém com maiores períodos, indicando forte associação com entradas de frente-frias, muito comuns nesta época do ano.

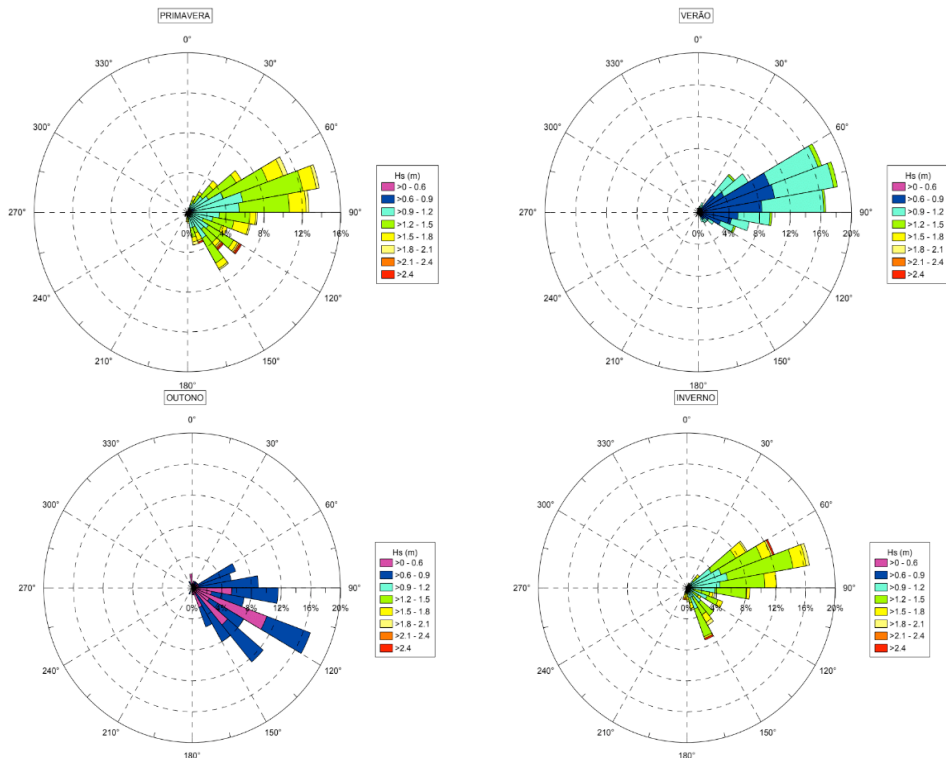



Figura 13. Direção em azimute e altura das ondas (Hs), em metros (m), para diferentes estações do ano, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

Os quadrantes E-SE e SE-S também proporcionam a entrada oblíqua de ondas com azimute de 120°. Estas ondas, com maiores períodos (Tp), observadas durante o outono, possuem por consequência, maiores comprimentos de onda, que ao se aproximarem da costa, interagem com a batimetria, convertendo energia cinética em potencial, elevando a altura significativa das ondas, bem próximo à costa, resultando em um significativo transporte na direção sul-norte.

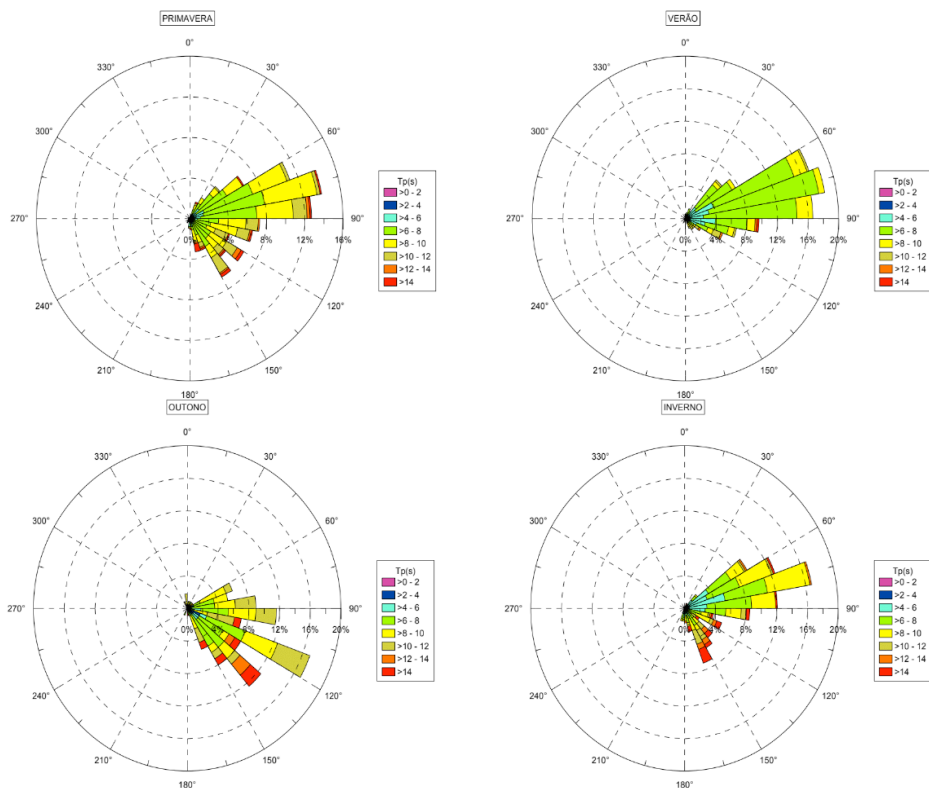



Figura 14. Direção em azimute e período das ondas (Tp), em segundos (S), para diferentes estações do ano, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008. Fonte: CEPEMAR (2009).

A direção predominante da deriva litorânea, neste trecho do litoral, também seria de sul-norte, como ocorre em outros setores de planícies deltaicas e costeiras do Brasil (DOMINGUEZ; BITTENCOURT; MARTIN, 1981a, 1982b, 1983c), (DOMINGUEZ, 1983), (DOMINGUEZ et al., 1982). Este mecanismo é comprovado pela diminuição na granulometria das areias nos perfis 02, 03 e 04 do gráfico da figura 07, apresentado anteriormente e que estão localizados além da região de interferência do molhe portuário.

Albino, Jimenez e Oliveira (2016) demonstraram que o molhe portuário, além de barrar os sedimentos vindos de norte, também impede a mobilização dos sedimentos retidos em direção ao norte, quando há a inversão da corrente longitudinal, em razão da entrada de ondas dos quadrantes de E a S. Há que se concordar com esta interpretação, uma vez que no setor da Ponta de Meaípe há déficit de sedimentos com intensificação de processos erosivos sobre a praia.

4.2 Cálculo dos sedimentos retidos

O cálculo da quantidade de sedimentos aprisionados pressupôs realizar o levantamento topográfico dos perfis transversais de praia e o mapa com a área da poligonal

de engorda do terminal portuário, sendo aqui apresentado na figura 15. Este mapa evidencia o setor que sofreu progradação com a poligonal dessa área de engorda mais detalhadamente, junto com os quatro perfis transversais de praia, alinhados ao azimute de 110º para obtenção das informações pertinentes a morfodinâmica e morfologia do sistema praial.

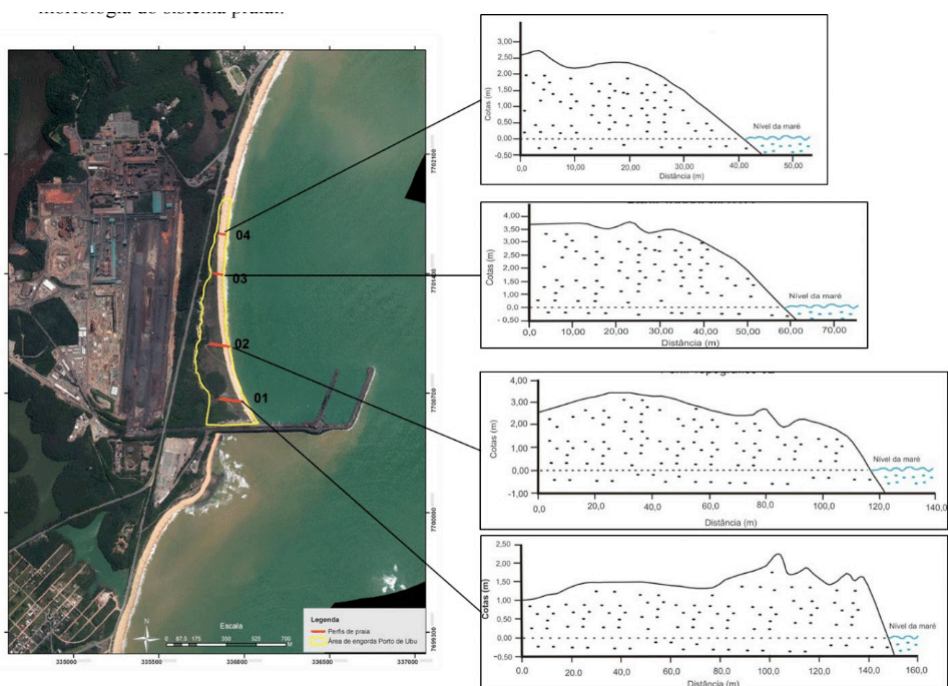



Figura 15. Mapa com a área da poligonal de engorda do Terminal de Ubú e os perfis transversais levantados. Fonte: Fotografias aéreas IEMA 2012 e levantamentos de campo. Elaboração: os autores.

Aplicando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foi possível observar que essa poligonal de engorda com forte progradação da linha de costa apresentou área de 191.872m², sendo aqui denominada de “área de engorda Porto de Ubu”.

Desta forma o cálculo do volume sedimentar aprisionado, as alturas médias e as áreas dos trapézios correspondentes a cada perfil são os que constam na Tabela 02.

Perfil	Média das cotas (m)	Área do trapézio (m²)
01	1,44	251,30
02	2,35	330,33
03	2,49	170,13
04	1,86	91,40
Média	**2,03**	**210,79**

Tabela 02 – Valores obtidos e utilizados para o cálculo da estimativa de volume sedimentar da área em progradação.

A partir dos dados dessa tabela e aplicando duas maneiras de estimar o volume de sedimentos, conforme Ruggiero e Lopes (2000) temos:

a) Volume = Média dos trapézios x Comprimento longitudinal da poligonal

Média dos trapézios: 210,78m²

Comprimento longitudinal da poligonal: 1.340m

Volume: 282.445,20m³

b) Volume = Média das cotas x Área da poligonal

Média das cotas: 2,03m

Área da poligonal: 191.872m²

Volume = 389.500,16m³

No primeiro cálculo é possível observar que na obtenção do resultado há subestimação do volume, uma vez que os perfis foram levantados sem considerar as extremidades norte e sul da poligonal. No segundo cálculo ocorre sobrestimação, pois considera a média das cotas, sendo este valor a altura do prisma, não considerando a inclinação da face praial. Obtendo uma estimativa mais próxima do volume real aprisionado e com os recursos técnicos disponíveis no cálculo da média simples dos volumes, o resultado apresentado é mais próximo da realidade. Assim, a partir da fórmula (Volume médio = $Volume_A$ + $Volume_B$ / 2) o resultado obtido foi Volume médio = 335.972,68m³ de sedimentos aprisionados na “área de engorda” do terminal portuário.

Cabe ressaltar que esse volume médio se refere a todo pacote sedimentar disposto acima do nível médio, descontado o nível da maré local (perfil subaéreo). Portanto, esse é o volume de areia calculado e aprisionado na “área de engorda” que deveria ser continuamente distribuído pelas praias do embaiamento, mantendo o equilíbrio dinâmico do sistema praial de forma a evitar a erosão em pontos em que a deriva litorânea tem atuado de forma mais incisiva.

O estagio morfodinâmico da praia no setor mais pronunciado da poligonal de engorda, que corresponde aos perfis 01 e 02 (figura 15), segundo a classificação de Wright e Short (1984), são caracteristicamente do tipo refletivos, com embate quase que direto das ondas sobre a face praial e, como se percebe, forte acúmulo de areia em grande extensão no pós-praia. Observa-se, também, que este pós-praia se estende com dunas e pequenos

cordões com cristas espaçadas em distâncias diversas, indicando forte deposição das areias. Essa condição tende a desaparecer no sentido de sul para norte, à medida que vai diminuindo a ação do molhe portuário e o embate das ondas torna-se menor, o que permite que o estágio da praia se configure como refletivo para intermediário em alguns trechos.

Em relação ao nível de redução local (Z_0 = 0,81), os perfis 02 e 03 apresentaram maiores alturas, alcançando 3,62 e 3,42m, respectivamente, ao passo que o perfil 01 apresentou menores cotas, uma vez que está situado em região mais abrigada de ondas. Os perfis 03 e 04 apresentaram menor inclinação da face, indicando que a batimetria ao longo deste setor segue esta tendência na morfologia praial.

Em estudo de Albino, Jimenez e Oliveira (2016) foi aplicado modelo de forma parabólica para determinar o perfil em planta e a variabilidade de praias do embaiamento. Os referidos autores levaram em consideração, também, a variação nas condições de onda. O modelo aplicado tomou como ponto de difração de onda a extremidade do molhe portuário. Também submeteram a estrutura às ondas provenientes da direção de 113° (que representa o quadrante E-SE) e notaram a existência de equilíbrio estático neste trecho de praia, acompanhado de um processo de progradação em direção aos berços de atracação. De fato, depreende-se, por meio do levantamento dos perfis realizados, a forte progradação da linha de costa neste setor. O que é fortemente observável nas imagens aéreas e no mapa anterior.

Considerando que o transporte de sedimentos ocorre majoritariamente na zona de surfe, (HOEFEL, 1998), (BIRD, 2008) e (DAVIDSON-ARNOTT, 2010), provavelmente, a antepraia no trecho dos perfis 03 e 04 é o sorvedouro de material para a progradação dos perfis localizados mais ao sul. Neste raciocínio, é de se esperar que a antepraia dos trechos mais progradados seja constituída de material mais fino, devido à mudança nos processos hidrodinâmicos local promovida pela estrutura portuária, o que justifica a maior inclinação da face praial nos trechos mais próximos do molhe.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos procedimentos adotados é possível inferir que ao longo dos últimos 42 anos foram aprisionados, ao norte do molhe do porto, aproximadamente 335.972,68m³ de sedimentos, considerando o tempo de implantação do terminal portuário. A partir deste cálculo, procedimentos e técnicas utilizadas na investigação tiramos as seguintes conclusões:

- A instalação deste terminal interferiu diretamente no transporte de sedimentos no Embaiamento de Meaípe Maimbá, constituindo um passivo ambiental a ser considerado, tendo em vista o cenário erosivo do setor norte e a falta de afluxos sedimentares externos a este sistema.
- A estrutura portuária vem provocando difração das ondas responsáveis pela

inversão do transporte de sedimentos, criando assim uma "zona de sombra"; mecanismo que aprisiona sedimentos impedindo o retorno destes para o setor norte do embaiamento.

- Os sedimentos da face praial demonstraram ser suficientes para determinar a dinâmica de transporte de material ao longo da costa. As variações do diâmetro médio observadas apontam para existência de transporte de sedimentos para norte e para sul, com predominância para sul, fato que respondia pelo equilíbrio dinâmico dessas praias no período pré implantação do terminal.
- O mapa da área de engorda do porto (figura 15) evidencia que a linha de costa pré-terminal, tomando-se como referencia a costa atual ao norte do molhe portuário teve, neste ponto, um avanço de 250 m em direção ao mar. Este fato corresponde a uma taxa média anual de aproximadamente 6m/ano de progradação. A existência de equilíbrio estático da área progradada, conforme apontado por Albino, Jimenez e Oliveira (2016), se refere ao perfil subaéreo. Tal premissa não pode ser considerada para a batimetria, ou seja, o perfil submerso.
- Se a regularidade do aporte de material se mantiver em detrimento de processos erosivos no setor norte do embaiamento, fortemente expresso nas erosões incidentes das estruturas urbanas da praia de Meaípe, haverá também o preenchimento da antepraia na região mais próxima ao molhe e até mesmo zonas mais profundas do perfil submerso. Com o passar dos anos pode-se requerer da empresa maior esforço de dragagem em menor espaço de tempo.
- O impedimento do fluxo que transporta sedimentos para norte está acelerando os processos erosivos neste setor. Os pontos erosivos tem início a partir da antiga ligação da Lagoa Maimbá com o mar e segue para norte até a Praia de Meaípe. Seu limite sul coincide perfeitamente com o fechamento da influência do molhe portuário na difração de ondas.
- É preciso repensar todo o processo de licenciamento e renovação de licença ambiental desses empreendimentos portuários a luz dos conhecimentos modernos da geomorfologia costeira. Não é mais aceitável a implantação de estruturas portuárias do tipo realizado pela Samarco que provoca a destruição erosiva de praias consideradas como espaços públicos de uso comum.
- O ônus socioambiental e econômico que esses terminais portuários provocam na linha de costa precisam ser arcados pelas empresas e não custeado com dinheiro do erário público em projetos de engordamento artificial de praias.

REFERÊNCIAS

ADDAD, J. **Alterações fluviais e erosão costeira**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Porto Alegre, RS, vol. 02, Nº 02, jul/dez, p. 21-44, 1997.

ALBINO, J.; JIMÉNEZ, J. A.; OLIVEIRA, T. C. A. **Planform and mobility in the meaípe-maimbá embayed beach on the South East coast of Brazil.** Geomorphology. New York, EUA, Vol. 253, 15, January, p. 110-122, 2016.

ALBINO, J., GIRARDI, G. e NASCIMENTO, K. A. **Espírito Santo**. In: MUHE, D. (ORG.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro.** Brasília: MMA, 2006. p. 227-264.

ALFREDINI, P. e ARASAKI, E. **Engenharia Portuária**. 2º Ed. São Paulo, Ed. BLUCHER, 2014.

BIRD, E. **Coastal Geomorphology – An Introduction**. 2º Ed., New Jersey, EUA, John Wiley & Sons, Ltda., 2008.

CEPEMAR. **Estudo hidrodinâmico da área de influência do Porto de Ubú**. Relatório Técnico interno CPM RT 373/09, apresentado ao IEMA, Cariacica, 112 p., 2009.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. New York, EUA, Cambridge University Press, 2010.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do rio Jequitinhonha (BA): influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos**. 1982, 73p., Dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P. e MARTIN, L. **Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhosa (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ).** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, SP, 11(4): 227-237, 1982a.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P. e MARTIN, L. **Evolução paleogeográfica do delta do rio Jequitinhonha durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar.** In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, 1982c, Rio de Janeiro, p.69-85.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., MARTIN, L., PEREIRA, Y. A. e FLEXOR, J. M. **Sobre a validade da utilização do termo para designar as planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios da costa brasileira.** IN: XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Boletim Nº 02, 1982, Salvador, Resumos e Breves Comunicações, 92 p.

HANSON, H.; BRAMPTON, A.; CAPOBIANCO, M.; DETTE, H.H.; HAMM, L.; LAUSTRUP, C.; LECHUGA, A.; SPANHOFF, R. **Beach nourishment projects, practices, and objectives - a European overview.** Coastal Engineering Cantábria, Espanha, nº 47, p. 81-111. 2002.

HOEFEL, F.G**. Morfodinâmica de Praias Arenosas: uma revisão bibliográfica**. Itajaí, SC, Editora da Univali, 1998.

HOFMANN, R. M. **Impactos ambientais causados pelas obras de construção e ampliação de portos marítimos no Brasil com ênfase nas comunidades pesqueiras**. Brasília – DF, Consultoria Legislativa – Câmara dos Deputados, agosto de 2015.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Relatório Técnico Científico COGEST Nº 001-2019.** Relatório Interno, Cariacica, 18p., Junho de 2019.

KANA, T. W. & MOHAN, R. K. **Analysis of nourished profile stability following the fifth Hunting Island SC beach nourishment project.** Coastal Engineering, Cantábria, Espanha, nº 33, p.117-136. 1998.

LÄMMELE, L. e ROSA BULHÕES, E. M. **Impactos das obras costeiras na morfologia da linha de costa: o caso do Porto do Açu, São João da Barra, RJ**. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física, 2017, Campinas, SP.

LIMA BARRA, O. A. de O. **Portos e gestão ambiental: análise dos impactos ambientais decorrentes da implantação do terminal marítimo de passageiros na praia Mansa – Fortaleza/CE – Brasil**. 2015, 186p., Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

MAGINI, C., MARTINS, A. H. O., PITOMBEIRA, E. da S. **A Influência Da Estrutura Portuária na Dinâmica Costeira na Vila do Pecém, Ceará, Brasil**. Revista de Geologia. Fortaleza, Ceará, UFC, Vol. 24, nº 2, p.136 - 149, 2011.

MARQUEZ, A. L. **Estudo de agitação, correntes induzidas por ondas e balanço sedimentar da região do porto do tubarão e praia de Camburi, Vitória / ES.** 2009, 283p., Dissertação de Mestrado, Instituto de Oceanografia da USP, São Paulo.

MCCAVE, I. N. **Grain-size trends and transport along beaches: example from eastern England.** Marine Geology**.** London, England. v. 28, p. 43-51, 1978.

MELO, E., GONZALEZ, J. de A. **Coastal Erosion at Camburi Beach (Vitoria, Brazil) and its Possible Relation to Port Works.** In: International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC), IV Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 1995, Proceedings, p. 397-411.

MILANEZ, B., SANTOS, R. S. P. dos. e MANSUR, M. S. **A firma e suas estratégias corporativas no Pós-Boom das commodities.** In: ZONTA, M. e TROCATE, C. (Orgs.). **A questão mineral no Brasil – vol. 02. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton.** Marabá, PA, Editorial iGuana, 2016. p. 51- 86.

PROCOSTA – **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. – Brasília, DF: MMA, 2018.

ROBERT MORAES, A. C. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro.** São Paulo, Hucitec; Edusp, 1999.

RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. R. **Cálculo numérico - aspectos teóricos e computacionais**. São Paulo: McGrawHill, 2000.

SAMARCO MINERAÇÃO S.A. **Monitoramento marinho do Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu - Relatório Técnico CP+RT 149/13**. Relatório técnico interno apresentado ao IEMA, Cariacica, 95p. 06 anexos, 2013.

SOUZA, B. S., **Desenvolvimento e morfodinâmica de praias sobre plataformas de abrasão em litorais de micromaré dominados por ondas.** 2018, 66 p., Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental – UFES, Aracruz.

SOUZA, B. S., ALBINO, J. 2020. **Development and morphodynamics of beaches on horizontal shore platforms on the microtidal southeast coast of Brazil.** Geomorphology, Amsterdam, Netherlands, vol. 363, p. 01-08, 2020.

SWART, D.H. **Beach nourishment and particle size effects.** Coastal Engineering, Amsterdam, Netherlands, nº 16, p.61-81, 1991.

VIEIRA, L. A. de A.; PITOMBEIRA, E. da S. e SOUZA, R. O. de. **Comprovação das alterações da linha de costa e de transporte de sedimentos na área costeira do Porto do Pecém**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo, Anais... São Paulo: ABRH, 2007, p. 01-17.

WENTWORTH, C. K**. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments.** The Journal of Geology, The University of Chicago Press, Chicago, USA, 30 (5): 377–392, 1922.

WRIGHT, L.D. and SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis.** Marine Geology, Amsterdam, Netherlands, 56, p.93-118. 1984.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. **Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model.** Marine Geology, Amsterdam, Netherlands, 62, p. 339-364, 1985.

VERVLOET, R. J. H. M. **Estudo geomorfológico aplicado das alterações da linha de costa na** área **do Terminal Portuário de Ubú da Samarco Mineração S. A. – Guarapari – Espírito Santo**. Anais do XIII Simpósio Nacional de Geomorfologia – SINAGEO, 2021, UFJF, Juiz de Fora, MG.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O. e PINHEIRO, L. de S. **Modificações na geomorfologia marinha a partir de estruturas portuárias: o caso do Mucuripe, Fortaleza – Ceará**. Geociências, Rio Claro, SP, UNESP, v. 37, n. 4, p. 793 - 805, 2018.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTABILIZAÇÃO MECÂNICA FÍSICO-GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS DA FORMAÇÃO CABO PARA APLICAÇÃO EM OBRAS DE ENGENHARIA

Data de aceite: 01/11/2022

Data de submissão: 08/09/2022

Eduardo Jorge Nunes Cavalcanti
Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho
Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/4405328186529368

Anderson José da Silva
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/0895425089026343

Cecília Maria Mota Silva Lins
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/4861195143983172

Samuel França Amorim
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/6103083772511910

Eduardo Antonio Maia Lins
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/6148771863554184

Túlio Pedrosa de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho
Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/9784237189330033

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo avaliar o melhoramento de solos compactados com adição de materiais alternativos, como pó de pedra e fibras de polipropileno, a fim de determinar e avaliar as características físicas e a resistência dos solos a compressão não confinada, antes e depois da estabilização. Para isso foram coletadas duas amostras deformadas distintas de um mesmo talude da Formação Cabo, no Cabo de Santo Agostinho. O melhoramento do solo por meio do reforço físico-granulométrico foi realizado adicionando aos solos secos 5% de pó de pedra, 0,75% de fibras de polipropileno e uma adição conjunta com 5% de pó de pedra e 0,75% de fibras de polipropileno. Os solos foram classificados pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos como SM (solo 1) e um MH (solo 2), ambos com massa específica dos grãos de 2,65 g/cm³. Os ensaios de compressão simples determinaram o ganho de resistência para o solo 1, tendo seu pico na mistura com o pó de pedra com um ganho em média de 117%. Para o solo 2, a fibra obteve resultados expressivos com relação ao solo natural, sendo obtido um ganho de resistência médio de 99,0%. A junção do pó de pedra com a fibra no solo 1, não teve alteração significativa, enquanto no solo 2 ocorreu um aumento de 6,7%, ambos comparados a inserção apenas da fibra, e de 112,25% com o solo natural. Concluiu-se que os materiais utilizados auxiliam no melhoramento de um solo, sendo as técnicas de estabilização física adotadas uma alternativa tecnicamente viável que pode ser utilizada para solos em camadas de base de aterros, pavimentos, etc.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Cabo,

Estabilização Físico-Granulométrica, Melhoramento Mecânico, Fibras de Polipropileno, Pó de pedra.

EVALUATION OF DIFFERENT METHODS OF PHYSICAL-GRANULOMETRIC MECHANICAL STABILIZATION OF SOILS IN CABO FORMATION FOR APPLICATION IN ENGINEERING WORKS

ABSTRACT: The present work aims to evaluate the improvement of compacted soils with the addition of alternative materials, such as stone powder and polypropylene fibers, in order to determine and evaluate the physical characteristics and resistance of the soils to unconfined compression, before and after stabilization. For this, two different deformed samples were collected from the same embankment of the Cabo Formation, in Cabo de Santo Agostinho. The improvement of the soil through the physical-granulometric reinforcement was carried out by adding 5% stone powder, 0.75% polypropylene fibers to the dry soil and a joint addition with 5% stone powder and 0.75% fiber. polypropylene. The soils were classified by the Unified Soil Classification System as SM (soil 1) and an MH (soil 2), both with a grain bulk specific gravity of 2.65 g/cm³. The simple compression tests determined the resistance gain for soil 1, with its peak in the mixture with the stone powder with an average gain of 117%. For soil 2, the fiber obtained expressive results in relation to the natural soil, with an average resistance gain of 99.0%. The junction of stone powder with fiber in soil 1, did not change significantly, while in soil 2 there was an increase of 6.7%, both compared to the insertion of only fiber, and 112.25% with natural soil. It was concluded that the materials used assist in the improvement of a soil, and the physical stabilization techniques adopted are a technically viable alternative that can be used for soils in base layers of embankments, pavements, etc.
KEYWORDS: Cabo Formation, Physical-Granulometric Stabilization, Mechanical Improvement, Polypropylene Fibers, Stone Powder.

1 | INTRODUÇÃO

No âmbito da engenharia civil, o solo é definido como um agregado não cimentado de grãos minerais e matéria orgânica decomposta, com líquido e gás preenchendo os espaços vazios existentes entre as partículas sólidas (DAS, 2014). O solo é usado como material de construção em diversos projetos da engenharia civil e de suporte para fundações estruturais. Neste estudo para o conhecimento das propriedades e o comportamento do solo, a caracterização física e geomecânica possuem grande relevância.

É frequente encontrar solos naturais sem os requisitos necessários para cumprir adequadamente a função a que estão destinados (CRUZ et al., 2010). Para que os projetos ocorram de forma correta e sem danos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, os processos de estabilização das características dos solos por meio do melhoramento são saídas eficazes para solucionar tal problema. De modo geral, para melhorar as características de um solo podem ser utilizados processos de natureza física (estabilização granulométrica), físico-química (uso de materiais compósitos, por exemplo, solo-cimento-

fibra), química (adição de cal, betume, etc) ou mecânica (compactação) de forma a tornar esse solo estável para os limites de sua utilização (GUEDES et al.,2014).

Em se tratando do melhoramento do solo por meio da incorporação de fibra, nos últimos 20 anos, tem-se observado um número crescente de relatos sobre a utilização de fibras de diversos materiais em pesquisas de laboratório, na área de geotécnica. Segundo Trindade et al. (2004) A grande maioria desses trabalhos atesta ganhos de resistência e confirmam a ação de fibras como meio de aumentar a ductibilidade dos solos. As fibras de polipropileno são bastante flexíveis e possuem grande tenacidade. Festugato (2008) observou que uma matriz de solo arenoso com adição de fibras apresentou maior resistência do que o solo sem reforço. O autor verificou, além disso, um comportamento de endurecimento nas misturas solo-fibra estudado, como também que o aspecto das fibras tem importante influência sobre o ganho de resistência e a expansibilidade do material. Segundo Trindade (2006) em seu estudo comparando diferentes comprimentos e quantitativos de fibras para o melhoramento em um solo, obteve-se maior resistência a compressão não confinada para todos os comprimentos em um quantitativo de 0,75% de adição de fibras no solo.

Outro métodos para melhoramento do solo é a aplicação do pó de pedra, onde segundo Bauer (2015) é um material inerte, mais fino que pedrisco, de graduação entre 0 e 4,8 mm que tem maior porcentagem de finos que as areias padronizadas, chegando a 28% do material abaixo de 0,075 mm. Santos (2016), em seu estudo sobre o melhoramento do solo com adição de cal hidratada e pó de pedra, constatou que o maior ganho de resistência deu-se com a adição de 5% de pó de pedra, mostrando ser, dentre as adições analisadas, a mais favorável para o incremento de resistência para este solo, o que pode ser visto como alternativa para solucionar problemas referentes à baixa resistência do solo. Por ser um material inerte, não reage com o solo quimicamente, com isso a sua utilização para a estabilização se baseia nas técnicas de melhoramento físico pelo método de estabilização granulométrica.

O propósito deste trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso de materiais alternativos, no caso o pó de pedra e fibras de polipropileno, como estabilizantes em solos com baixa resistência mecânica visando uma melhora em suas propriedades para a aplicação em obras de engenharia, tendo como referência a resistência das misturas obtidas a partir do ensaio de resistência a compressão simples (não confinada).

2 | METODOLOGIA

2.1 Coleta de amostras

As amostras de solos para o desenvolvimento da pesquisa foram retiradas de um mesmo talude, da Formação Cabo, no município do Cabo de Santo Agostinho-PE. A coleta foi realizada a partir de uma visita de campo, onde foram retiradas duas amostras

distintas deformadas para caracterização física e ensaios mecânicos. O talude de onde foram retiradas as amostras é composto por um solo formado por conglomerados, bem característicos da Formação Cabo, composto por clastos que apresentam diferentes granulometrias e composições granulométricas. O local fica ao lado do Campus Provisório da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA/UFRPE), na Rodovia Armínio Guilherme, nº 2685, no bairro Garapu, próximo à rodovia PE-60. As amostras estavam a uma distância de cerca de 1,5 m, mas já apresentavam visualmente características diferentes marcantes, como é possível ver na Figura 1 do talude e das amostras dos solos 1 e 2. A escolha da área foi influenciada pelo atrativo causado pela construção do Shopping Costa Dourada para a região em seu entorno, com um aumento considerável de construções regulares e irregulares.

Figura 1: Talude de onde foram retiradas as amostras dos solos para ensaios e as amostras 1 e 2. Fonte: Autores.

2.2 Procedimento experimental

2.2.1 Caracterização dos solos

Os ensaios para determinação da caracterização física e para avaliação da resistência dos solos seguiram as normas específicas da ABNT e foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos da UACSA/UFRPE. Os ensaios que estão apresentados na Tabela 1 foram realizados tanto para os solos em seu estado natural quanto após o melhoramento com a incorporação do pó de pedra e das fibras de polipropileno.

Parâmetros Avaliados	Teor de Umidade	Massa Especí-fica	Análise Granulo-métrica	Limite de Liquidez	Limite de Plas-ticidade	Compacta-ção	Compres-são Simples
Normas de Referência	6457/ 2016	6458/ 2016	7181/ 2016	6459/ 2016	7180/ 2016	7182/ 2016	12770/ 1992

Tabela 1: Parâmetros e normas para determinação da caracterização física e resistência a compressão não confinada dos solos. Fonte: Autores.

Em se tratando da determinação da análise granulométrica, da massa específica, dos limites de Atterberg e do ensaio de compactação as amostras de solos foram preparadas com secagem prévia até a umidade higroscópica. Para o ensaio de compactação foi utilizado o método do Proctor Normal.

2.2.2 Caracaterização dos materiais alternativos

O pó de pedra foi caracterizado segundo a norma da ABNT NBR NM 248/2003, com a obtenção da sua composição granulométrica, diâmetro máximo e módulo de finura, segundo a norma ABNT NBR 16605/2017, com a obtenção da massa específica do agregado miúdo e segundo a norma ABNT NBR NM 46/2003, com a obtenção do teor de materiais pulverulentos. As fibras de polipropileno seguiram as especificações do fabricante, sendo constituídas de monofilamentos extremamente finos de polipropileno com diâmetro de 18 μm e um comprimento de 12 mm, possuindo resistência a tração de 500-600 MPa e peso específico de 0,91 g/cm³. A mistura dos solos com as fibras de polipropileno foi realizada de forma manual, segundo Guedes (2014).

2.2.3 Preparação dos corpos de prova

O pó de pedra apresentou influência na granulometria e compactação dos solos, sendo necessário a caracterização do material em conjunto com os solos, tal influência não foi apresentada pelas fibras de polipropileno.

Os corpos de prova com os solos foram moldados em um molde cilíndrico de 10x12,7 cm, sendo as adições realizadas ainda com os solos na umidade higroscópica. Os corpos tiveram dimensões de 6,3x12,6 cm. A incorporação com o pó de pedra se deu com uma porcentagem de 5% segundo Santos (2016), enquanto a adição de fibras de polipropileno se deu com uma porcentagem de 0,75%, segundo Trindade (2016), ambos em relação ao peso do solo seco. A incorporação conjunta das porcentagens teve o intuito de determinar a influência simultânea dos materiais.

Todos os corpos de prova foram envoltos em insulfilm de PVC e mantidos sobre a bancada por um período de 24 horas, sendo este o previsto para o seu rompimento pelo ensaio de compressão não-confinada. Foram realizados dois corpos de prova para cada situação prevista, apresentada na Figura 2.

Figura 2: Corpos de prova moldados na umidade ótima, durante o tempo de espera de 24 horas.

Fonte: Autores.

2.2.4 *Ensaio de compressão simples*

Após a moldagem dos corpos e o tempo de espera de 24 horas foi realizado a determinação das suas resistências através do ensaio de compressão simples (não-confinada), sendo realizado em uma prensa para ensaios de CBR, com velocidade constante de carregamento e anotadas as medidas de deslocamento do manômetro em um intervalo pré-estabelecido, igual a todos.

3 | RESULTADOS

3.1 Caracterização dos materiais alternativos

O pó de pedra tem um diâmetro máximo característico de 4,8 mm, teor de materiais pulverulentos de 18,9%, módulo de finura de 2,34, sendo considerado uma areia média. A massa específica do agregado foi determinada como 2,660 g/cm³.

3.2 Caracterização dos solos

As análises granulométricas foram realizadas para os solos em estado natural e com a adição do pó de pedra e estão expressas na Figura 3, onde foi possível observar que a presença do pó de pedra no solo 1 teve um aumento na porcentagem de finos com uma escala maior do que realizado na incorporação com o solo 2. A incorporação das fibras não alterou as características granulométricas, mas foi verificada uma alteração nos limites de consistência.

Os limites de liquidez, limites de plasticidade, índices de plasticidade e as classificações segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) estão expressos na Tabela 2, para o os solos em seus estados naturais e com as adições dos materiais alternativos.

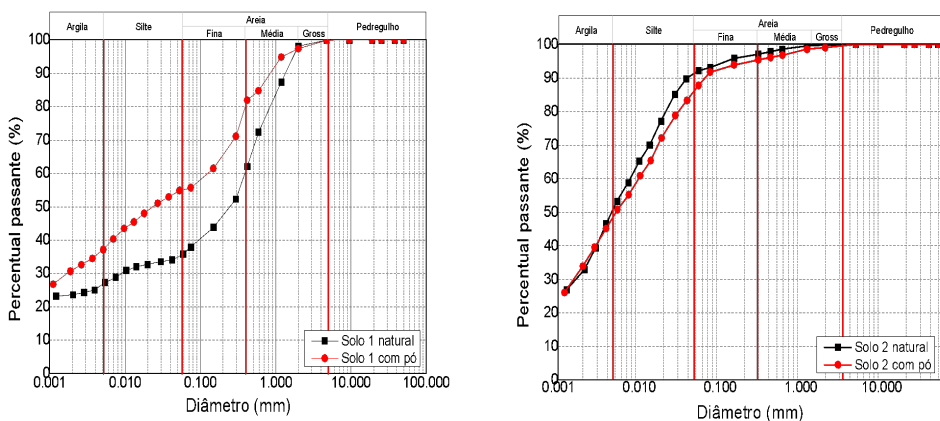



Figura 3: Curvas Granulompetricas dos solos 1 e 2 no estado natural e com o pó de pedra.

Fonte: Autores.

Amostras	Solo 1 natural	Solo 1 com pó de pedra	Solo 1 com fibras	Solo 1 com pó de pedra e fibras	Solo 2 natural	Solo 2 com pó de pedra	Solo 2 com fibras	Solo 2 com pó de pedra e fibras
Limite de Liquidez(%)	46,0	54,0	56,0	59,0	65,0	59,0	63,0	65,0
Limite de Plasticidade(%)	40,0	34,0	31,0	32,0	56,0	50,0	44,0	40,0
Índice de Plasticidade(%)	6,0	20,0	24,0	27,0	9,0	9,0	19,0	25,0
Massa Específica dos grãos (g/cm³)	2,653	2,548	-	-	2,646	2,779	-	-
Classificação	SM*	-	-	-	**MH	-	-	-

*SM- Areia Siltosa

** MH – Silte de alta compressibilidade

Tabela 2: Resultados dos esnaios de caracterização física dos solos.

Fonte: Autores.

Quanto aos limites de Atterberg verificou-se que a incorporação das fibras teve um desempenho maior que a do pó de pedra, onde ela aumentou o limite de liquidez de ambos os solos e diminui o limite de plasticidade, tirando os solos classificados como pouco plásticos para uma plasticidade média. Essa característica se dá pela capacidade das fibras de aumentarem a ductibilidade dos solos, auxiliando no grau de deformação que aumenta a relação tensão x deformação. A presença apenas do pó de pedra no solo 1 obteve resultados favoráveis à sua plasticidade, a confirmar pelos seus índices, saindo de um solo pouco plástico para um de plasticidade média. Neste caso a presença dos finos presente no pó de pedra auxiliou no ganho, caso que aconteceu de maneira inversa a sua adição no solo 2, o qual tem grande presença de finos. A ação conjunta dos dois materiais em ambos os solos contribuiu para um ganho de plasticidade.

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos com os ensaios de compactação dos solos naturais e com adições do pó de pedra, já as fibras de polipropileno não alteraram as condições granulométricas dos solos e não tinham capacidade de absorver água, pela sua composição, não alterando a umidade durante as misturas. Esses resultados mostraram a ação do pó de pedra, dando ao solo 2, um silte de alta compressibilidade, uma quantidade maior de finos, o que aumentou sua umidade ótima e sua massa específica máxima, enquanto que no solo 1, a areia siltosa, ocorreu uma diminuição de sua umidade ótima e sua massa específica máxima.

Amostras	Solo 1 natural	Solo 1 com pó de pedra	Solo 2 natural	Solo 2 com pó de pedra
Umidade ótima (%)	18,3	16,0	31,1	32,2
Massa Específica Máxima (g/cm³)	1,812	1,780	1,432	1,532

Tabela 3: Resultados dos ensaios de compactação dos solos.

Fonte: Autor.

A diminuição da umidade ótima e da massa específica no solo 1 com pó de pedra em relação ao solo 1 natural e o aumento delas no solo 2 com pó de pedra em relação ao solo 2 natural se dá pela grande quantidade de materiais finos no pó de pedra, que deixou a mistura com o solo 1 menos densa e no solo 2 mais densa.

3.3 Ensaios de compressão simples

Os corpos de prova que foram rompidos em seu estado natural e com a presença do pó de pedra apresentaram uma ruptura bem mais frágil do que as misturas com as fibras, onde apresentaram altos graus de deformação. Na Figura 4 estão apresentadas as amostras, após o rompimento.

Figura 4: Corpos de prova após a realização do ensaio de compressão simples. Descrição: S1-Nat: Solo 1 natural, S1-P: Solo 1 com pó de pedra, S1-F: Solo 1 com Fibras, S1-P+F: Solo 1 com Pó de Pedra e Fibras, S2-Nat: Solo 2 natural, S2-P: Solo 2 com Pó de pedra, S2-F: Solo 2 com Fibras, S2-P+F: Solo 2 com Pó de Pedra e Fibras.

Fonte: Autores.

Nenhuma das amostras utilizadas apresentaram ruptura brusca, sendo possível a coleta dos resultados após início de ruptura. A Figura 5 apresenta os resultados das resistências do solo 1, antes e após o melhoramento e a Figura 6 os dos solos 2, antes e após o melhoramento. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos de tensão máxima para cada uma das amostras em cada um dos solos naturais e com as misturas. Ela apresenta também a média das duas tensões, valores esses usados para calcular e expressar as porcentagens de melhoramento de uma mistura em relação à outra.

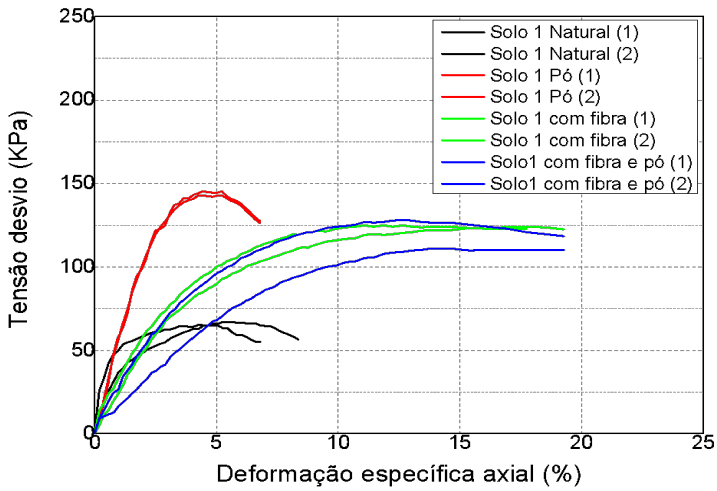



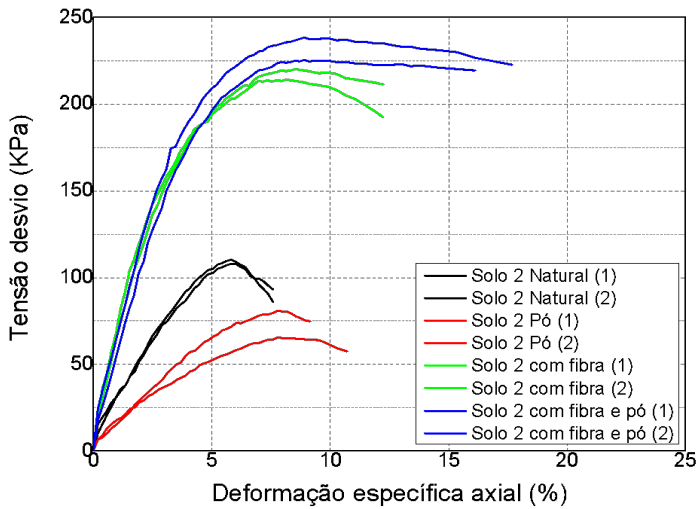
Figura 5: Resultados das compressões simples do solo 1 em todas as misturas utilizadas.

Fonte: Autores.

Figura 6: Resultados das compressões simples do solo 2 em todas as misturas utilizadas.

Fonte: Autores.

Corpos de prova	Tensão Máxima (kPa)		
	Amostra 1	Amostra 2	Média
Solo 1 natural	67,08	65,31	66,20
Solo 1 com pó de pedra	143,03	145,18	144,11
Solo 1 com fibras	124,81	124,02	124,42
Solo 1 com pó de pedra e fibras	111,02	128,18	119,60
Solo 2 natural	107,89	110,32	109,11
Solo 2 com pó de pedra	80,72	65,28	73,00
Solo 2 com fibras	220,20	214,04	217,12
Solo 2 com pó de pedra e fibras	238,04	225,13	231,59

Tabela 4:Tensões máximas obtidas no ensaio de compressão simples.

Fonte: Autores.

O solo 1 obteve ganho de resistência com todas as misturas realizadas, tendo seu pico na incorporação com o pó de pedra, sendo cerca de 117% em média maior que o solo natural. O pó de pedra teve grande relevância na obtenção da resistência na mistura com o solo 1, possivelmente por contribuir com a estabilização granulométrica do solo, visto que o solo 1 apresentava-se com fração de partículas maiores que 0,1mm e quando incorporado pó de pedra aumentou-se a fração de partículas finas do solo. A incorporação das fibras aos solos também influenciou no aumento da resistência, onde foi observado que o ganho de resistência do solo 1 com fibras foi semelhante a incorporação conjunta das fibras com o pó de pedra, visto não só no solo 1, como também no solo 2. Analisando os resultados obtidos para o solo 2 foi observado que a incorporação do pó de pedra não contribuiu favoravelmente para a resistência do solo, tendo melhores resultados com a mistura com fibras. A incorporação da fibra no solo 2 apresentou resultados expressivos, onde houve um aumento de resistência de 99,0% em média em relação ao solo natural. Recomenda-se estudos mais aprofundados para avaliar com mais detalhes esta interação das fibras e do pó de pedra em diferentes tipos de solos.

4 I CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos nos ensaios de caracterização física dos solos ao natural e com os melhoramentos e dos ensaios mecânicos foi possível avaliar o comportamento do solo natural e do solo melhorado quanto a presença dos materiais alternativos utilizados.

Em se tratando da granulometria as fibras não alteraram as composições dos solos, no entanto o pó de pedra sim, devido a sua própria composição granulométrica, como o alto teor de materiais pulverulentos, contribuiu para o aumento da fração fina principalmente do solo 1.

Com relação a plasticidade as fibras tiveram maior influência, tanto só, quanto

em conjunto com o pó de pedra alterando ambos os solos de pouca para uma média plasticidade. O pó de pedra quase não teve influência no solo 2, diminuiu os seus limites, mas não alterou o índice, em contrapartida a ação dos seus finos alteraram o solo 2, aumentando o limite de liquidez e reduzindo o limite de plasticidade, aumentando assim seu índice de plasticidade, fazendo sua plasticidade alterar de pouca para média.

As fibras não influenciaram os índices obtidos pela compactação dos solos, já o pó de pedra, devido a sua composição granulométrica, aumentou a umidade e a massa específica máxima no solo 2 e reduziu no solo 1.

Os resultados obtidos no ensaio de compressão simples determinaram qual material proporcionou um ganho de resistência a cada tipo de solo estudado, sendo o melhoramento com o pó de pedra viável apenas para o solo 1, areia siltosa (SM), enquanto o uso das fibras de polipropileno mais viável para o solo 2, no caso o silte de alta compressibilidade (MH). O ensaio também auxiliou a determinar a grande influência das fibras sobre a ação conjunta com o pó de pedra, levando a obter resultados parecidos a incorporação apenas da fibra, Deve-se salientar que o processo de homogeneização das fibras com o solo é ainda realizado de forma muito manual, sendo necessário um estudo para viabilizar o uso em grande escala.

O pó de pedra teve grande relevância na obtenção da resistência na mistura com o solo 1, possivelmente por contribuir com a estabilização granulométrica do solo. A incorporação das fibras aos solos também influenciou no aumento da resistência, onde foi observado que o ganho de resistência do solo 1 com fibras foi semelhante a incorporação conjunta das fibras com o pó de pedra. Para o solo 2 foi observado que a incorporação do pó de pedra não contribuiu favoravelmente para a resistência do solo, tendo melhores resultados com a mistura com fibras. A incorporação da fibra no solo 2 apresentou resultados expressivos, onde houve um aumento de resistência de 99,0% em média em relação ao solo natural.

As técnicas de melhoramento mecânico físico-granulométrico estudadas proporcionaram ganho de resistência para os solos, demostrando resultados favoráveis para o uso dessas técnicas de estabilização como forma de melhorar a capacidade mecânica dos solos. Porém, recomenda-se estudos mais aprofundados para avaliar com mais detalhes esta interação das fibras e do pó de pedra em diferentes tipos de solos e sua viabilidade técnico-financeira para o emprego nas obras de engenharia, como por exemplo camadas de base de aterros e pavimentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas para os ensaios de caracterização do solo. **NBR 6458 (2016) – Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da Massa Específica, da massa específica aparente e da absorção de água. NBR 6457 (2016) – Amostra de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. NBR 6459 (2016) – Solo – Determinação do Limite de Liquidez. NBR 7180 (2016) – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. NBR 7181 (2016) – Análise Granulométrica. NBR 7182(2016) – Solo - Ensaio de compactação. NBR 12770 (1992) – Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada – Método de ensaio. NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. NBR NM 16605 (2017) - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. NBR NM 46 (2003) - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem.**

CRUZ, M. JALALI, S. **Melhoramento do desempenho de misturas solo-cimento.** In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, XII. Guimarães, 2010.

DAS, Braja M.; SOBHAN, Khaled. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** São Paulo: Cengage Learning, 2014. Xv, 612 p.

FESTUGATO, L. (2008) **Análise do comportamento mecânico de um solo micro-reforçado com fibras de distintos índices aspectos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 145 p.

GUEDES, S. B.; COUTINHO, R. Q.; FONSECA, A. J. P. V. (2014). **Comportamento de Um Solo Melhorado por Processos Mecânico (Compactação), Químico (Cimento), Físico (Fibras) e Químico-Físico (Cimento-Fibra) para Aplicação como Material Contra Erosão para as Estradas de Terra Existentes no PMAHC/Cabo de Santo Agostinho.** XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Goiana/GO.

Materiais da Construção 1/ coordenador L.A.Falcão Bauer ; revisão técnica João Fernando Dias.- 5.ed.revisada.– ıReimpr.ı – Rio de Janeiro : LTC, 2015.

SANTOS, Y. R. P. (2016). **Comportamento e melhoramento de solos compactados para aplicação em obras de engenharia civil.** Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Bacharel em Engenharia Civil. Caruaru-PE.

TRINDADE, T. P., Iasbik, I., LIMA, D. C., MINETTE, E., SILVA, C. H. C., CARVALHO, C. A. B., BUENO, B. S., MACHADO, C. C. **Estudos laboratoriais do comportamento de um solo residual arenoso reforçado com fibras de polipropileno, visando à aplicação em estradas florestais.** Revista Árvore. p.215-221. 2006.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO MOXOTÓ, COMO INDICADOR DE AUMENTO NA EMISSÃO DE CO_2 NUM AMBIENTE DE SEMIÁRIDO

Data de aceite: 01/11/2022

Sávio Barbosa dos Santos
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL)
Arapiraca Alagoas, Brasil

Ailton Feitosa
Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL)
Arapiraca Alagoas, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise sobre a emissão de gases do efeito estufa CO_2, tendo como referência os dados da agropecuária de 2000 a 2019 dos municípios da bacia do Rio Moxotó. Incialmente foi possível identificar as áreas de maior uso e ocupação do solo, com base nos dados obtidos do ZAAL (2010), ZAPE (2005) e dos censos do IBGE (2000 a 2019), destacando-se principalmente aquelas com maior criação de gado e aumento na produção agrícola, tendo em vista que o aumento das ações sobre uso e ocupação do solo, resulta no aumento da emissão de CO_2. A forma como as atividades agropecuárias se projetaram no período analisado, demonstrou o aumento da emissão do CO_2 ao longo da área da bacia, havendo maior destaque para os municípios pernambucanos, a exemplo de Petrolândia que teve maior destaque na emissão de CO_2. A criação de animais de grande porte variou muito ao longo da serie analisada, mas se manteve sempre em processo de aumento, havendo maior destaque para a criação de gado. Através de uma modelagem de dados das séries históricas, foi possível observar os cultivos predominantes e as criações de animais de grande porte, que mais impactaram na emissão de CO_2 dentro da bacia hidrográfica do Moxotó.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica, emissão de CO_2, Semiárido.

CHARACTERIZATION OF LAND USE AND OCCUPATION IN THE MOXOTÓ RIVER BASIN, AS AN INDICATOR OF INCREASE IN CO2 EMISSIONS IN A SEMI-ARID ENVIRONMENT

ABSTRACT: The objective of this work was to carry out an analysis on the emission of greenhouse gases CO2, having as reference the agricultural data from 2000 to 2019 in the municipalities of the Moxotó River basin. Initially, it was possible to identify the areas with the highest land use and occupation, based on data obtained from ZAAL (2010), ZAPE (2005) and from the IBGE census (2000 to 2019), especially those with greater livestock and increase in agricultural production, given that the increase in actions on land use and occupation results in increased CO2 emissions. The way in which agricultural activities were projected in the analyzed period demonstrated the increase in CO2 emission throughout the basin area, with greater emphasis on the municipalities of Pernambuco, such as Petrolândia, which had greater prominence in the emission of CO2. The breeding of large animals

varied a lot throughout the analyzed series, but it was always in the process of increase, with greater emphasis on cattle breeding. Through a modeling of data from the historical series, it was possible to observe the predominant crops and the breeding of large animals, which had the most impact on the emission of CO2 within the Moxotó watershed.
KEYWORDS: Watershed, CO2 emission, Semi-arid.

1 I INTRODUÇÃO

Os gases do efeito estufa, tem sido resultado de uma série de ações antrópicas ligadas ao uso e ocupação do solo. Notadamente, devido as necessidades crescentes pela produção de alimentos e novas áreas para a expansão da agropecuária. Produtos de uma sociedade que crescer e evoluir. Porém, não para de prejudicar o seu habitat com suas áreas de cultivos, pecuária, instalações de indústrias e grandes transformações no meio ambiente. Com estas transformações é gerado impacto ambiental, principalmente na forma como o solo é usado e ocupado, onde muitas vezes ocorre a substituição das áreas de vegetação nativa pelos cultivos ou pela incorporação de terras para novas áreas de criações. É nesse sentido, que o uso descriminado do solo vem provocando a emissão de gases na atmosfera, a exemplo do dióxido de carbono (CO_2) e seus efeitos podem ser observados de forma direta sobre o uso do solo, traduzindo-se no tipo de cultivo e de criação.

A caracterização da ocupação e uso do solo a partir de uma série histórica de dados, pode ser utilizada como um importante parâmetro para o acompanhamento da evolução dos processos que impactaram um determinado ambiente e seus recurso naturais ao longo do tempo, bem como pode ser uma importante forma de observar a transformação da paisagem. Por extensão, esses processos podem refletir a espacialização dos problemas ligados a eles, sejam diante das suas causas ou consequências. Para tanto, modelos desenvolvidos a partir de ambiente computacional, podem ser utilizados para demonstrar a evolução de tais processos de ocupação e uso do solo. Nesse sentido, a ideia de usar a modelagem de dados como uma forma de caracterizar e especializar um fenômeno, torna-se um processo empírico, no qual os princípios de uma ou mais teorias podem ser aplicadas para se reproduzir seu comportamento numa escala de tempo estimada ou período de referência, sob uma ótica de uma determinada realidade (ROSS, 1994). Este fenômeno pode ser qualquer fato ou situação concreta de interesse científico, passível de descrição ou explicação como os fenômenos em ambientes hidrológicos (FEITOSA, 2010).

Christofoletti (1999) afirma que a análise de sistemas ambientais e os impactos presentes neles, podem ser vistos sob uma perspectiva sincrônica diante de um objeto de estudo ou mesmo, ao planejar as políticas de manejo dos recursos, principalmente quando se pretende implantar alternativas de melhor uso e ocupação do solo, por meio de uma avaliação antecipada. Nesse caso, pode-se propor uma análise correspondente a impactos antropogênicos a curto, médio e longo prazo por agrupamentos de unidades ambientais sob

a ótica da percepção, identificação e delimitação das características naturais e fisiográficas da paisagem, principalmente diante das suas múltiplas associações e dinâmicas naturais básicas (FEITOSA, 2011). Esse agrupamento tem como objetivo principal revelar conjuntos de unidades ambientais inter-relacionadas de modo a facilitar a análise integrada do ambiente em estudo, permitindo identificar e caracterizar a ocupação e uso deste, diante das atividades de maior impacto e dinâmica.

Na atualidade, entre as atividades que mais tem impactado na atmosfera terrestre estão a abertura de novas fronteiras agrícolas e a expansão da pecuária. Ambas são atividades ligadas diretamente aos tipos e formas de aumento da emissão dos gases do efeito estufa, como o CO_2. Segundo Mendonça *et. al.* (2007), a partir da superfície terrestre até os primeiros 90 Km de altura, os componentes gasosos do ar apresentam-se em uma maneira quase uniforme. A essa parcela da atmosfera dá-se o nome de Homosfera, que até cerca de 25 Km de altura caracteriza-se por ser composta de uma mistura de nitrogênio, oxigênio, argônio, ozônio, vapor d´agua, material particulado (poeira, cinzas) e um conjunto de gases que ocorrem em proporções comparativamente reduzida como o dióxido de carbono (CO_2).

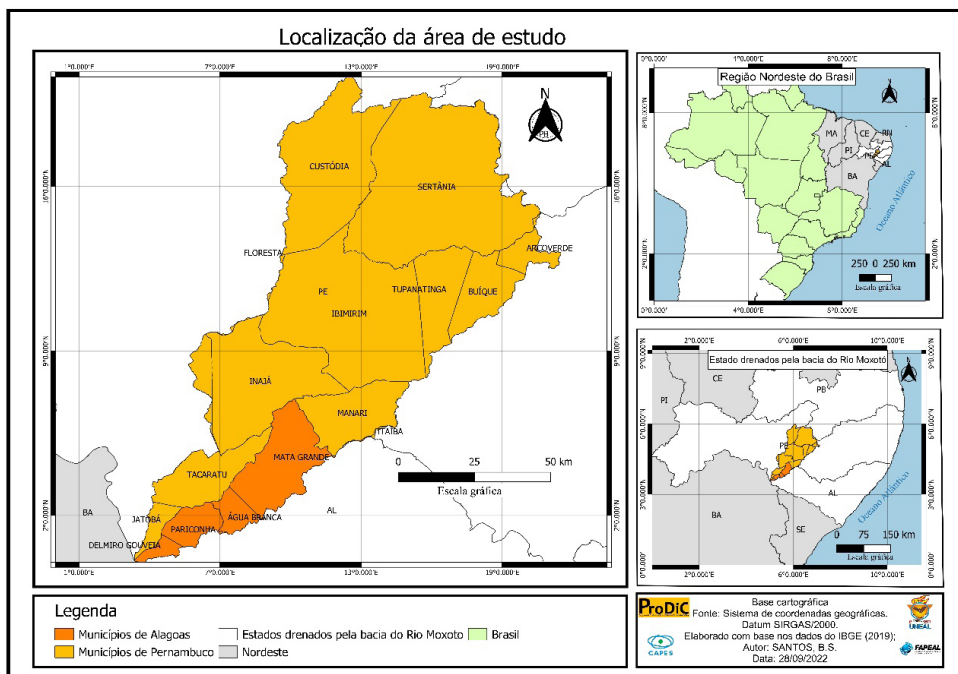
De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2015) os aumentos recentes nas concentrações de gases traço na atmosfera, devido a atividade antrópica, têm levado a um impacto no balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, tendendo ao aquecimento da superfície da Terra, notadamente pela emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os clorofluorcarbonos (CFCs) e o ozônio (O_3) (**Tabela 1**). Desta forma, um estudo dessa natureza que busca quantificar e comparar as causas e efeitos da produção agropecuária na emissão de dióxido de carbono (CO_2), pode ajudar a entender os impactos que está pode causar.

Principal fonte antrópica						
Gás Carbônico (CO_2)	Metano (CH_4)	Óxido Nitroso (N_2O)	Clorofluorcarbonetos (CFCs)	Ozônio (O_3)	Monóxido de Carbono (CO)	Vapor d´água (H_2O)
Combustíveis fósseis, Desflorestamento	Cultivo de arroz inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queima de biomassa.	Fertilizantes, conversão do uso da terra.	Refrigeradores, aerossóis, processos industriais.	Hidrocarbonetos (com NOx), queima de biomassa.	Combustíveis fósseis, queima de biomassa.	Conversão de uso da terra, irrigação.

Tabela 1- Principais fontes antrópicas para emissão de gases na atmosfera

Fonte: Elaborado de acordo com dados da EMBRAPA (2015) e krupa (1997).

A área de desenvolvimento desse estudo é a bacia hidrográfica do Rio Moxotó, que está inserida no semiárido nordestino especificamente nos Estados de Pernambuco (Custódia, Sertânia, Ibimirim, Arcoverde, Buíque, Floresta, Itaíba, Manari, Inajá, Tacaratu, Jatobá e Petrolândia), onde está sua maior parte; e em Alagoas (Água Branca, Mata Grande, Delmiro Gouveia e Pariconha) totalizando 16 municípios. Com dados coletados no IBGE a estimativa para a população do ano de 2020 é de 509.658 mil habitantes, sendo 108.238 mil habitantes nos 4 municípios de Alagoas e 401.420 distribuídos nos 12 municípios de Pernambuco, com predominância da população na zona rural no Estado de Alagoas. Em Delmiro Gouveia (Alagoas), Custódia, Sertânia, Ibimirim, Arcoverde e Petrolândia (em Pernambuco) a concentração maior da população é na zona urbana.

Com os dados gerados no programa Quantum GIS 3.10 utilizando imagens de satélite do SRTM (2006), foi possível fazer o mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Moxotó (**Mapa 1**). Sua localização está entre as coordenadas de 07º52’21” e 09º19’03” de latitude sul; e 36º57’49” e 38º14’41” de longitude oeste, com sua principal nascente localizada no município de Sertânia/PE, cuja extensão territorial norte-sul é de 188,8 Km e de leste-oeste 82,9 Km. A área da bacia é de 8.649,6 Km² e perímetro de 633,9 Km, com altitude média de 700m em relação ao nível do mar.

Mapa 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó

Fonte: Autor.

A opção pela bacia hidrográfica do Rio Moxotó no semiárido, como unidade espacial sistêmica para a análise da emissão de CO_2, se deu pela sua importância geográfica, possuindo áreas em dois estados nordestinos, ser uma das importantes bacias tributárias do Rio São Francisco. Atualmente, essa bacia tem áreas assistidas pelo projeto de transposição das águas do Rio São Francisco com chamado canal do sertão.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

Devido ao fator climatológico no Nordeste brasileiro, a delimitação geográfica das áreas no Semiárido é de fundamental importância para os estudos geoambientais, cujas finalidades em sua maior parte, estão voltadas para o planejamento do uso de sues recursos, diante da limitada disponibilidade de água, principalmente nos anos de secas. Por essa razão, órgãos públicos como a CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco), a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas), o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e a ANA (Agência Nacional das Águas), entre outros, acompanharam, ou ainda vem acompanhando as irregularidades das chuvas, o uso e ocupação do solo, emissão de gases na atmosfera e disponibilidade dos recursos hídricos, para formarem um banco de dados que possa servir ao longo do tempo como base para a criação de um modelo de aproveitamento sustentável na região. Nesse sentido, a técnica de Modelagem de Dados Computacionais (MDC), pode ser usada para agrupar essas informações referentes ao uso e ocupação da terra na área da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, para analisar os seus impactos na atmosfera, tendo como referência o volume emitido de CO_2.

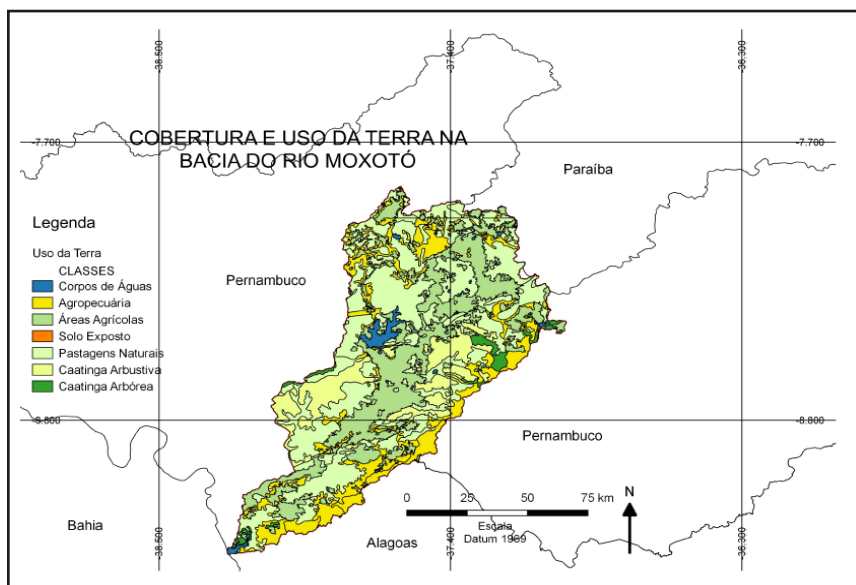
Após as informações serem Geoprocessadas, foram empregados procedimentos de compilação destas, com as imagens de satélites em formato digital e os dados do Zoneamento Agroecológico de Alagoas, escala 1:100.000 (ZAAL, 2010) Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE, 2010), para o levantamento preliminar das condições da cobertura e uso da terra no contexto da área de estudo. Também, foram coletadas informações no site do IBGE, referentes aos sensos agropecuários de 2000 a 2019. Como também, foram obtidos dados das Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa de 2000 a 2019 junto ao SEEG (2020) referentes a emissão de CO_2 na área em estudo. As informações obtidas foram organizadas dentro de um banco de dados criado.

Após esse procedimento inicial, foram obtidas as imagens de satélite Landsat-5 TM, de órbita/ponto 215/65 e 216/65 e órbita/ponto 215/66 e 216/66, junto ao INPE e imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), referentes às cartas SB-24-Z-C, SB-24-Z-D, SC-24-X-A, e SC-24-X-B da EMBRAPA (2006), com elipsoide de referência WGS-84, compatíveis com a escala de 1:100.000, referentes à área de estudo. Com esse material,

foi possível compilar as informações e fazer uma caracterização prévia da área de estudo com o emprego das técnicas de geoprocessamento. O resultado foi a criação de um banco de dados, referente a bacia hidrográfica do Rio Moxotó. Em determinada etapa, foi feita uma sistematização de dados, onde as imagens de satélite foram utilizadas como modelos digitais, visando entre outros objetivos a criação das cartas topográfica e mapas básicos para a área em estudo numa base computacional.

3 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os cultivos e a pecuária podem ser inicialmente relacionados a dinâmica do clima, a fim de comparação com a emissão de dióxido de carbono (CO_2). Nesse sentido, foi possível agrupar informações relativas as condições de cultivos predominantes e pecuária de grande porte de cada município da bacia do rio Moxotó. Diante dos fatores que produzem o aumento do CO_2 na área de estudo, tem-se o desflorestamento da vegetação nativa, a pecuária extensiva, a queima de biomassa e a conversão de uso da terra com lavouras tradicionais para as pastagens.

No **mapa 2** referente ao uso da terra é possível observar a espacialização das áreas destinadas a pastagens, áreas de cultivos e solo exposto devido a falta de cobertura vegetal. Nesse último caso, acarretando outros problemas, como a desertificação ou solos inaproveitáveis.

Mapa 2- Uso da terra

Fonte: Autor.

Foi possível estabelecer a quantidade em toneladas produzidas dentro da bacia do rio Moxotó, área utilizada para o plantio, quantificar por cabeça a criação animais de grande porte (bovino, caprino, equino, ovino e suíno) classificação prévia para cada município de acordo com os dados levantados. De acordo com os dados (tabela 2) foi possível compreender a série histórica da emissão de dióxido de carbono (CO_2). Seguindo o tocante (Tabela 3), de acordo com os valores observados foi possível fazer o levantamento da produção agrícola e sua área de produção dentro da bacia do Rio Moxotó.

Emissão de CO2 por Kg									
Municípios	Anos								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Água Branca (AL)	455	458	488	504	498	927	1190	1203	1244
Mata Grande (AL)	498	536	574	591	579	1071	1371	1379	1462
Delmiro Gouveia (AL)	317	311	305	299	275	490	590	581	578
Pariconha (AL)	164	155	176	189	185	346	437	394	405
Custódia (PE)	289	381	465	585	552	630	713	713	801
Sertânia (PE)	442	540	649	795	737	793	920	931	1008
Ibimirim (PE)	202	249	302	358	328	353	395	465	512
Arcoverde (PE)	275	372	430	489	445	466	508	442	460
Buíque (PE)	1063	1273	1516	1820	1709	1840	2110	1959	2103
Floresta (PE)	358	454	561	678	652	721	828	661	704
Itaíba (PE)	293	379	473	579	574	645	751	644	706
Manari (PE)	191	254	328	397	394	448	514	592	677
Inajá (PE)	52	65	75	89	80	87	99	83	90
Tacaratu (PE)	294	369	466	558	526	574	652	736	817
Jatobá (PE)	168	210	255	318	305	334	380	329	355
Petrolândia (PE)	1950	2521	3152	3865	3831	4075	4763	4576	4945
Total de emissão Co²	7011	8528	10215	12114	11670	13801	16221	15689	16864

Continuação tabela- 2

Emissão de CO2 por Kg										
Municípios	Anos									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Água Branca (AL)	1127	1236	1891	1612	1984	1374	1924	1106	1091	981
Mata Grande (AL)	1324	1464	2225	1839	2289	1587	2252	1288	1264	1129
Delmiro Gouveia (AL)	497	538	805	673	832	595	853	488	490	434
Pariconha (AL)	357	390	597	501	616	423	601	348	339	304

Custódia (PE)	618	636	751	987	998	1113	1020	1129	975	1010
Sertânia (PE)	802	830	988	1330	1320	1518	1391	1543	1361	1404
Ibimirim (PE)	402	392	458	594	593	668	616	688	590	617
Arcoverde (PE)	342	333	407	546	506	615	542	582	521	523
Buíque (PE)	1643	1578	1894	2500	2519	2839	2623	2880	2501	2608
Floresta (PE)	539	695	851	1106	1112	1255	1162	1277	1122	1149
Itaíba (PE)	552	649	786	1030	1048	1194	1114	1255	1095	1120
Manari (PE)	547	548	664	884	902	1011	942	1061	931	951
Inajá (PE)	66	65	79	101	100	112	102	109	96	97
Tacaratu (PE)	644	642	790	1031	1045	1185	1102	1216	1077	1102
Jatobá (PE)	273	262	319	416	418	464	423	466	403	417
Petrolândia (PE)	3903	3917	4834	6365	6449	7357	6877	7766	6679	6995
Total de emissão Co²	13636	14174	18339	21515	22731	23309	23544	23202	20535	20840

Tabela 2-Resíduos sólidos: emissão de dióxido de carbono dentro da bacia do Rio Moxotó

Fonte: Elaborado com base nos dados de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), do ano 2000 a 2018.

De acordo com os dados acima (tabela 2) é possível observar que dentro da bacia do Rio Moxotó pertencente ao estado de Alagoas o município de Pariconha obteve o menor índice de emissão de CO_2 ao longo da série histórica com um total de 6.928,45 Kg emitido para atmosfera. Em contra ponto o município de Mata Grande foi o que mais emitiu CO_2 ao longo da série histórica com um total de 24.720,85 Kg.

Pernambuco, o município de Inajá obteve o menor índice de emissão de CO_2 ao longo da série histórica com um total de 1.647,02 Kg. Em Petrolândia obteve o maior índice de emissão de CO_2 com um total de 94.822,38 Kg ao longo da série histórica analisada.

Descrição para o total produzido pelos 16 municípios dentro da bacia do rio Moxotó. A partir do ano de 2012 teve um aumento progressivo na emissão de CO_2, tendo em vista que 2017 e 2018 começa a diminuir a emissão de CO_2. No ano 2000 e 2001 foram os menores índices de emissão de CO_2, tendo em vista nesta pesquisa fazer uma análise de causa e efeito com a produção agrícola e criação de animais de grande porte, para os mesmos anos da série histórica. Diante destes fatos é também possível observar o aumento progressivo desde 2000 até 2006, nos anos seguintes os valores começam a variar com poucas oscilações, onde a partir de 2011 os números voltam a subir, e em 2017 diminui, já em 2018 tem um pequeno aumento em relação ao ano anterior. Nesse sentido (Tabela 3), de acordo com os valores observados foi possível fazer o levantamento da produção agrícola e área de cultivo dentro da bacia do Rio Moxotó.

Ao longo dos dados trabalhados no período de 2000 a 2009 houve um aumento de

192,42% na emissão de CO_2 dentro da bacia do Moxotó, já no período de 2009 a 2019 também ocorreu aumento, mas menor que nos anos anteriores um aumento de 148,23%, mesmo aumentando ocorreu uma certa redução comparado ao período de 2000 a 2009, como consequência temos uma redução das áreas de cultivos e uma redução nas criações de animais de grande porte para os mesmos anos. De 2000 a 2019, ao longo dos 20 anos a emissão de CO_2 teve um aumento em média 282,78%, este aumento está relacionado com o aumento de criação de animais de grande porte, onde sua criação é de forma extensiva, onde nesse mesmo período segundo os dados teve aumento nas áreas de cultivos e criações.

Produção agrícola toneladas (Cana-de-açúcar, milho, feijão, mandioca)

Municípios	Anos										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Água Branca (AL)	22071	10230	13621	5655	8909	11084	8511	11762	14578	11295	5760
Mata Grande (AL)	7221	7024	13621	5383	7805	12322	12385	8312	10723	9620	5759
Delmiro Gouveia (AL)	725	0	951	43	288	2445	2950	1281	2351	1622	892
Pariconha (AL)	7242	8144	5656	3929	7041	10862	12010	10814	13384	8515	4430
Custódia (PE)	4600	400	3124	1828	4698	10800	10520	12090	11628	6828	5190
Sertânia (PE)	1600	0	366	525	1056	2550	3060	2340	2988	4548	3600
Ibimirim (PE)	1640	1011	1568	817	2020	4000	8736	9420	8910	13600	8670
Arcoverde (PE)	1295	530	114	299	937	1830	3730	3270	3290	2894	1930
Buíque (PE)	6084	5809	8516	5033	15288	18780	58344	58680	58368	70068	66780
Floresta (PE)	4132	1988	1021	675	3038	5060	6092	5660	7620	6702	5958
Itaíba (PE)	4812	2438	2672	525	4276	6880	10168	10360	9630	8430	5478
Manari (PE)	3009	2004	2316	658	3332	4040	8660	9128	11340	11736	8760
Inajá (PE)	1360	536	796	642	890	1400	1550	1610	1446	1446	1800
Tacaratu (PE)	4144	3432	1106	752	2285	3210	3352	1456	2557	1774	21800
Jatobá (PE)	1246	1244	843	645	991	1177	1516	775	1059	850	660
Petrolândia (PE)	1752	1727	1344	1361	1246	1549	1708	1202	1604	1778	1100
Total Tn	72933	46517	57635	28770	64100	97989	153292	148160	161476	161706	148567

Continuação tabela- 3

Produção agrícola toneladas (Cana-de-açúcar, milho, feijão, mandioca)

Municípios	Anos								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Água Branca (AL)	5077	2220	2242	2426	3470	941	1540	717	1862

Mata Grande (AL)	4542	3596	3903	3983	2270	3195	2117	2200	2258
Delmiro Gouveia (AL)	628	52	21	104	6	0	606	400	359
Pariconha (AL)	2476	1910	1914	2076	645	2023	2666	2016	1664
Custódia (PE)	5940	6640	2880	1372	367	600	390	251	285
Sertânia (PE)	1200	1800	0	420	100	65	60	2700	361
Ibimirim (PE)	11460	8310	0	440	855	61	206	240	240
Arcoverde (PE)	3260	850	0	860	551	495	634	774	80
Buíque (PE)	57120	89180	49500	11400	8573	8437	16860	3380	2747
Floresta (PE)	6480	3060	2484	5020	1820	1077	3070	3886	933
Itaíba (PE)	6540	580	1500	1620	120	55	450	1218	72
Manari (PE)	9960	1671	1200	2100	320	870	800	480	109
Inajá (PE)	1560	2270	0	720	310	481	106	200	1014
Tacaratu (PE)	21988	884	376	591	409	467	538	385	840
Jatobá (PE)	893	350	140	636	342	371	200	306	296
Petrolândia (PE)	1334	1174	588	790	428	493	279	473	373
Total Tn	140458	124547	66748	34558	20586	19631	30522	19626	13493

Tabela 3- Produção agrícola dentro da bacia do Rio Moxotó

Fonte: Elaborado com base nos dados do censo agropecuário no site do IBGE (portal cidades), do ano de 2000 a 2019.

Para produção agrícola (Cana-de-açúcar, milho, feijão, mandioca) dos municípios feito levantamento da produção em toneladas (Tn), cabendo destaques para cana-de-açúcar para os municípios de Água Branca (AL), (onde tem um engenho de cana-de-açúcar, o engenho São Lourenço), Mata Grande (AL), Pariconha a partir do ano de 2006 começou a cultivar cana-de-açúcar, Tacaratu(PE) teve produção de cana-de-açúcar nos anos de 2010, 2011, 2017 e 2019. Deste ponto de vista para uma região semiárida não deixa de ser um fator interessante esse tipo de produção agrícola, tendo em vista que esse tipo de cultivo, necessita de áreas úmidas e solos bastantes irrigados.

Do ano de 2006 a 2009 teve um aumento na produção agrícola, onde esse fator refletiu no aumento da área de produção, tendo em vista a utilização de novas áreas para o plantio, consequentemente a área para produção também aumentou, junto a emissão de CO_2, tendo em vista que é uma problemática de causa e efeito, ou seja aumenta a produção e sua área aumenta a emissão de CO_2 na atmosfera.

O inverso acontece do ano de 2016 a 2019, onde a redução da colheita em toneladas e respectivamente a diminuição das áreas plantadas, deixando um problema, comparado ao passado que são solos exposto tendo em vista que nos anos de 2006 a 2009 quando ocorreu o maior índice de produção e área plantada, com a diminuição da produção e da área plantada, o solo ficou sem cobertura vegetal, podendo acarretar em impactos maiores, como a desertificação, erosão, baixa fertilidade. Por outro lado, com a diminuição dos cultivos e das áreas plantadas gradativamente ocorre a diminuição de CO_2.

Tratando os dados em período foi possível observar um aumento na produção de 2000 a 2009 tendo um aumento médio de 162,7% dentro da bacia do rio Moxotó, para os mesmos anos teve um aumento de 79,9% na área de plantio, por outro lado no período de 2009 a 2019 ocorreu uma redução média de 80,80% , consequentemente a área de cultivo também reduziu para 70,91%. Em toda série histórica trabalhada foi possível observar dos anos de 2000 a 2019 (20 anos de dados), houve uma redução média de 75,59% na produção, consequentemente a área de cultivo reduziu 60,15%

No tocante a esse estudo também foi realizado uma analise das criações de grande porte, devido ocuparem grandes espaços, principalmente os bovinos, onde segundo Primavesi (2007) um bovino com aproximadamente 350 kg de peso vivo em pastejo gera entre 40 e 70 kg de metano por ano, o que equivale a 25 vezes mais em termos de CO_2, ou seja, entre 1,0 e 1,7 t por animal por ano de CO_2 equivalente, tomando posse desses conhecimentos foi gerado um dados (tabela 4) de 2000 a 2019 dos municípios dentro da bacia Moxotó, procurando quantificar e relacionar com dados de emissão de dióxido de carbono (CO_2) e as áreas de cultivos.

Criação de animais (Bovino, caprino, equino, ovino e suíno)

Municípios	Anos										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Água Branca (AL)	12190	12230	20279	22271	23497	23419	23087	24276	24453	25402	26266
Mata Grande (AL)	25600	25220	38620	35526	37187	38802	41350	44408	46578	47396	50447
Delmiro Gouveia (AL)	15380	15530	25635	21613	26539	26163	28093	18310	29347	29740	31966
Pariconha (AL)	6612	5408	8257	7087	8082	9166	10062	13296	13946	14635	14829
Custódia (PE)	65450	68700	73250	72780	74600	88750	121500	143700	381020	165230	174700
Sertânia (PE)	101610	112000	125850	138700	151600	181800	204300	233500	250000	268500	285300
Ibimirim (PE)	53250	55800	66280	72600	74810	87130	96750	112000	118760	126970	140400
Arcoverde (PE)	15960	17800	19280	22350	24180	26100	27650	29700	31770	33950	36200
Buíque (PE)	47850	54300	59900	62000	66100	76000	88300	95600	102250	105900	113750
Floresta (PE)	25200	27400	29700	29500	24270	25950	35900	49400	53550	56700	62150
Itaíba (PE)	51350	62700	70510	69800	75200	82900	98600	136000	141230	149690	160200
Manari (PE)	29220	31050	33600	34900	43800	50800	55500	59700	62930	67190	72400
Inajá (PE)	40480	42450	44950	47600	48440	57360	67600	74350	79980	85650	93400
Tacaratu (PE)	113985	103882	89510	88470	82760	78250	80320	38500	53850	50900	47550
Jatobá (PE)	22043	19843	21996	12513	12265	13185	14293	14559	14966	14142	14022
Petrolândia (PE)	41930	40230	43080	40690	41990	41880	43700	29960	31250	28700	32695
Total cabeças	668110	694543	770697	778400	815320	907655	1037005	1117259	1435880	1270695	1356275

Continuação tabela- 4

Criação de animais (Bovino, caprino, equino, ovino e suíno)									
Municípios	Anos								
Água Branca (AL)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	26994	26741	25282	24119	23855	22607	23800	24485	21733
Mata Grande (AL)	52116	51025	41544	37608	36673	38188	39210	41750	36080
Delmiro Gouveia (AL)	32806	32652	28465	26042	25683	26892	26100	25630	26039
Pariconha (AL)	14973	14970	15180	13539	13541	13380	13456	16210	18400
Custódia (PE)	186150	126100	197300	178700	187500	174700	243450	272158	295622
Sertânia (PE)	311600	197800	208300	193900	196500	238100	284680	288852	279970
Ibimirim (PE)	153730	105100	75600	67900	70500	56100	55100	55200	64640
Arcoverde (PE)	38940	27700	29700	28100	28100	27800	30800	33350	42159
Buíque (PE)	122600	99850	103600	101800	104000	96800	88000	94100	111000
Floresta (PE)	67700	36550	41900	42100	48600	45900	47800	49375	59337
Itaíba (PE)	170650	101400	101000	97200	99300	88000	72500	75286	84149
Manari (PE)	77150	50400	52800	45700	46700	36500	30500	40100	33968
Inajá (PE)	100050	79800	36500	39200	39900	31700	46850	52427	43156
Tacaratu (PE)	44841	46615	50957	49825	50475	51264	64742	65095	65905
Jatobá (PE)	13153	13506	11705	11022	11052	10832	15284	15176	15178
Petrolândia (PE)	42016	65233	64199	63603	67490	69090	67990	68696	63685
Total cabeças	1455469	1075442	1084032	1020358	1049869	1027853	1150262	1217890	1261021

Tabela 4- Criação de animais de grande porte dentro da bacia do Rio Moxotó

Fonte: Elaborado com base nos dados do censo agropecuário no site do IBGE (portal cidades), do ano de 2000 a 2019.

Diante dos dados acima (tabela 4) foi possível observar que todos os municípios tem Criação animais de grande porte (Bovino, caprino, equino, ovino e suíno). Nos municípios trabalhados os menores índices por cabeça foram no ano de 2000 e 2001. Tendo um total de 668.110 mil cabeças para o ano de 2000 e 694.543 para o ano de 2001, onde tem uma relação direta com emissão de CO_2 para os mesmos anos onde os índices são mais baixos diante da série histórica estudada, devido a extensão para o desmatamento por muitas vezes com queimadas outro fator onde leva as cinzas para atmosfera, deixa o solo exposto, com ocupação dos animais de grande porte.

Em 4 anos seguidos, que vai de 2008 a 2012 a um aumento significativo na criação de animais, este aumento reflete no aumento das emissões de CO_2 conforme detalha a tabela, então cabe salientar as conexões ligadas para a diminuição da criação ocorre a diminuição emissão de CO_2, da mesma forma quando aumenta as criações ocorre o aumento de CO_2, ou seja está diretamente ligada a emissão de gás metano liberado pelos animais (fezes, cocô), esses fatores implicam dificuldades para o clima da região.

Para as criações de grande porte no período de 2000 a 2009 ocorreu um aumento com uma média de 94,79% nas criações dos municípios inseridos na bacia do rio Moxotó , no período de 2009 a 2019 houve uma redução na média de 366,04% nas criações desses animais, apenas os municípios Tacaratu e Jatobá apresentaram redução na criação no período de 2000 a 2019, os demais municípios apresentaram aumento na criação tendo um aumento de 87,27% na criação de todos os municípios inseridos na bacia do Moxotó.

4 I CONCLUSÃO

Ao termino deste trabalho, pode-se concluir que as tecnologias dos sensores remotos, podem ser usadas para um diagnóstico das condições naturais de um determinado ambiente. Além disso, essas tecnologias poderão fornecer informações sobre o uso e ocupação do solo ao longo espaço aferido. Com os resultados obtidos pode se entender as características da bacia do Rio Moxotó em relação a sua localização, área, perímetro, extensão territorial, altitude média, cultivos predominantes, fazendo uma análise do aumento das áreas de plantios, acompanhamento da criação de animais de grande porte. Foi possível observar o aumento ou diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO_2), a relação que há entre os cultivos e sua área, e os animais de grande porte, desta forma ao longo da série trabalhada ao passo que as áreas de cultivos e criação aumentavam as emissões de CO_2 aumentavam ou diminuíam, ou seja uma relação de causa e efeito. ao momento facilitando sua classificação dentro dos parâmetros morfométricos, atmosférico e aspectos sócio- econômico.

Pode-se destacar as ações antrópicas trabalhadas neste artigo a atividades humanas desordenadas como a agricultura, pecuária e consequentemente o desmatamento tem sido o responsável pela expansão de áreas inaproveitáveis, levando ate mesmo a desertificação com terras inaproveitáveis no semiárido.

Os municípios alagoanos Água Branca, Mata Grande e Pariconha produzem cana de açúcar e consequentemente são uns dos municípios que mais emitem CO_2 dentro da bacia, desta forma vem a relação das queimadas, liberando CO_2 para atmosfera e aumentando a poluição atmosférica proveniente das cinzas. Diante dos dados foi possível observar que a população deixou de plantar para criar animais de grande porte.

Esses resultados observados, podem ajudar em futuros diagnósticos sobre as causas e consequências na emissão de CO_2 nos municípios, e dos usos dos solos no Semiárido, visando minimizar os impactos sobre os recursos naturais desses ambientes, que como se sabe, já são tão escassos, principalmente em anos de estiagem prolongada, acarretando na desertificação, terras inaproveitáveis, sem matéria orgânica, das áreas com o solo exposto, por falta de cobertura vegetal.

Nesse sentido foi possível observar e entender os tipos de cultivos que a região semiárida produz dentro da bacia do Moxotó, onde a maioria por sua vez apresentou uma

maior quantidade de milho, mandioca e feijão, como meio de subsistência e ração animal. Com essa análise sobre uso e ocupação do solo, apresentando evolução ou regressão dos fatores em estudo, principalmente a emissão de gases na atmosfera dos municípios alagoanos e pernambucanos, servindo para compreensão e analisar, mostra realmente o que é necessário nas políticas públicas para ajudar o desenvolvimento dessa área, afim de minimizar os impactos negativos sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Informações sobre as precipitações no Nordeste. Brazil, 2011. Disponível em: http://www.hidroweb.ana.gov.br.

COTTON, W. R., PIELKE, R. A. Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288p.

CUNHA S. et al. GUERRA A.: A questão ambiental: diferentes abordagens.-3ªed.-Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007, 248p.

CLIMATOLOGIA DINÂMICA: conceitos, técnicas e aplicações / organizado por Francisco Arthur da Silva Vecchia, Adriano Rogério Bruno Tech e Gustavo Zen de Figueiredo Neves – São Carlos: RiMa Editora, 2020.

MENDONÇA F. et al. **OLIVEIRA I.**: Climatologia noções básicas e climas do Brasil/ São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

CHRISTORFOLETTI, A. Geomorfologia. – 2ª ed. – São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETT, Modelagem de Sistemas Ambientais. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1999, 236p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Diagnostico dos municípios. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em março de 2021.

EUROPEAN COMISSION. Climate change and agriculture in Europe - assessment of impacts and adaptations: Summary report. Luxembourg, 1997. 37p. (EUR 17470 EN).

EMBRAPA - EFEITO ESTUFA. Meio ambiente, 2015. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog. Acesso em 10/04/2021.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

FEITOSA, A. - Classificação dos eventos extremos de precipitação e suas ocorrências no período outono-inverno num município da Zona da Mata, Pernambuco. Revista Ambientale, Alagoas, 2013.

FEITOSA, A.; **SANTOS,** B dos.; **ARAÚJO**, M, do S, B, de. Caracterização Morfometria e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 04, n. 4, p. 820-836, dez. 2011.

FEITOSA, Modelagem dinâmica de escoamento superficial influenciando a susceptibilidade a erosão dos solos num município do semiárido de Pernambuco. Recife: Revista Brasileira de Geomorfologia, V.11, nº 2, 2010.

GUERRA, A.J.T.; **MARÇAL**, M.S. Geomorfologia ambiental. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 190p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal cidades. https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em março de 2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Tempo. https://tempo.inmet.gov.br//>. Acesso em março e abril de 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens. http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em março e abril de 2021.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2008.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Emissões gases. https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em março e abril de 2021.

PILLON, Clenio Nailto. Efeito estufa: potencialidades e contribuições da agricultura Clenio Nailto Pillon, João Mielniczuk, Ladislau Martin Neto. -Efeito estufa2. Climatologia. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2002.

PRIMAVESI, Odo, A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global [Recurso eletrônico/ Odo Primavesi. — **São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.**

ROMERO, MARTA ADRIANA BUSTOS. [et al.]. 2. Planejamento Territorial Urbano 3. Infraestrutura 4. Desenvolvimento Sustentável 5. Paisagismo. I. Relação entre mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas (2019: Brasília – Distrito Federal – Brasil).

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP, N.9. 1994. p. 63-74.

ZAAL - Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos – UEP, Recife, 2010. CD-ROM. ZAAL - Digital: escala 1:100.000 (Documento preliminar).

ZAPE - Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos – UEP, Recife, 2005. CD-ROM. ZAPE - Digital: escala 1:100.000 (Documento preliminar).

CAPÍTULO 5

CONJUNTURA DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES DO GRUPO BALSAS NA PROVÍNCIA PARNAÍBA

Data de aceite: 01/11/2022

Cláudio José da Silva de Sousa
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

Laura Martins Mendes
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

Paula Fernanda Massetti de Lima
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

Maria Eduarda da Silva Martins
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

Karina Suzana Feitosa Pinheiro
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

Daniel de Lima Nascimento Sírio
Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Curso de Engenharia Civil
São Luís (MA)

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama sobre os depósitos sedimentares do Grupo Balsas na Província Parnaíba. Para tanto, procedeu-se ao levantamento bibliográfico das unidades estratigráficas integrantes do Grupo Balsas. Dados temáticos da área aflorante da unidade geológica em estudo, modelos numéricos de terreno de altimetria e de declividade, assim como dados de uso/cobertura vegetal de 1990 e 2020 foram integrados em ambiente de sistema de informação geográfica. Os resultados ressaltam a composição das unidades integrantes, seus ambientes deposicionais, as características gerais do relevo, a dinâmica das classes uso/cobertura vegetal na área aflorante do Grupo Balsas ao longo de uma década e seu potencial hidrogeológico da unidade geológica.

PALAVRAS-CHAVE: Grupo Balsas. Província Parnaíba. Potencial Hidrogeológico.

ABSTRACT: The present work aims to present an overview of the sedimentary deposits of the Balsas Group in the Parnaíba Province. For this purpose, a bibliographic survey of the stratigraphic units that make up the Balsas Group was carried out. Thematic data from the outcrop area of the geological unit under study, numerical models of altimetry and slope terrain, as well as data on land use/land cover from 1990 and 2020 were integrated into a geographic information system database. The results highlight the composition of the integrating units, their depositional environments, the general characteristics of the relief, the dynamics of the land use/land cover classes in the outcrop area of the Balsas Group

over a decade and its hydrogeological potential of the geological unit.
KEYWORDS: Balsas Group. Province of Parnaíba. Hydrogeological Potential.

INTRODUÇÃO

A Província Parnaíba está localizada à nordeste da Plataforma Brasileira. Ela abrange uma área de aproximadamente 600.000 km^2 entre os estados do Maranhão (42,6%), Piauí (32,5%), Ceará (1,2%), Bahia (0,9%), Pará (5,7%) e Tocantins (17,1%). Sua coluna sedimentar integra cinco grupos depositados do Siluriano ao Cretáceo os quais foram associados a quatro sítios deposicionais: Bacia do Parnaíba, Bacia das Alpercatas, Bacia do Espigão Mestre e Bacia do Grajaú (GOES, 1995). A primeira ocupa porções sul e leste da Província homônima e compreende as sequências deposicionais Siluriana, Devoniana e Carbonífero-Triássica (GÓES; FEIJÓ, 1994; VAZ *et al.*, 2007). Essa última é constituída pelo complexo clástico-evaporítico do Grupo Balsas, composto pelas formações Sambaíba, Motuca, Pedra de Fogo e Piauí, cuja conjuntura na Província Parnaíba é abordada no presente artigo.

METODOLOGIA

A conjuntura proposta envolveu pesquisa bibliográfica, levantamento e composição de banco de dados geográficos em ambiente QGIS v.2.18.14, Las Palmas G.C (Open Source Geospacial Foundation-OSGeo). Os dados geográficos, estruturados segundo sistema geodésico SIRGAS2000 e projeção cartográfica Lat/Long, contemplaram: Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão; Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo; cidades, hidrografia, corpos d’água e estruturas tectônicas; divisão municipal e estadual; limite da Província Parnaíba; altimetria e declividade, em formato GeoTiff, do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA (VALERIANO, 2008); e uso do solo e cobertura vegetal, da Coleção 6 do Projeto MapBiomas, em formato GeoTiff, para as datas de 1990 e 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A base da coluna sedimentar do Grupo Balsas é representada pela Formação Piauí, datada do Pensilvaniano, no Período Carbonífero. Seus sedimentos foram depositados em ambiente de clima desértico, sob condições de aridez continuamente severas, através de sistemas deposicionais eólico, lacustre, evaporítico, deltaico, marinho e fluvial (LIMA, 1991). Sua porção inferior consiste em arenitos róseos, médios, com intercalações de folhetos vermelhos. A superior envolve arenitos avermelhados com intercalações de leitos e lâminas de folhetos vermelhos, finos leitos de sílex e ocasionais calcários esbranquiçados. Sua constituição em geral psamítica lhe proporciona potencial hidrogeológico alto.

A Formação Pedra de Fogo, datada do Neopermiano (DINO *et al.*, 2002), é constituída por intercalações de arenitos, siltitos, folhelhos, bancos carbonáticos e silicosos, além de outros litotipos, com uma considerável variação geológica. Os sedimentos foram depositados em ambiente marinho raso a costeiro, sob condições climáticas áridas a semiáridas. Sua natureza em geral pelítica lhe confere potencial hidrogeológico baixo.

De acordo com Góes e Feijó (1994), os depósitos da Formação Motuca, datados do Neopermiano, estão representados por siltito avermelhado e marrom, arenito branco fino a médio, anidrita branca e raros calcários, depositados em ambiente continental desértico, controlado por sistemas lacustres. Esses depósitos, em geral, configuram aquíferos livres e confinados de potencial hidrogeológico baixo a muito baixo.

Já a Formação Sambaíba, no topo da coluna sedimentar, de idade Eotriássica, integra arenitos finos a médios com estratificação cruzada de médio a grande porte, plano-paralela e com laminação convoluta, depositados em ambiente desértico (SPISILA, 2011; BARBOSA, 2015). Sua constituição eminentemente arenítica lhe proporciona potencial hidrogeológico alto a muito alto.

As quatro formações aludidas ocupam uma área aproximada de 169.758 km^2, se distribuem pelas porções sul e leste da Província Parnaíba, ocupando em torno de 25% do seu território (**Figura 1**). Quanto a sua porção aflorante: 50% ocorrem no Estado do Maranhão; 52% estão entre 200 e 400 m de altitude (**Figura 2**); 73% estão assentados sobre terrenos planos a suave-ondulados, com declividades entre 0 a 8% (**Figura 3**); e em domínios da Formação Savânica, que em 2010 e 2020 ocupavam, sequencialmente, 107.512 km^2 e 91.552 km^2 do território da Província Parnaíba, verificando-se, portanto, uma redução de 14,8% (**Figuras 4 e 5**).

Essa redução é explicada principalmente pelo aumento das atividades agropecuárias. Entre 1990 e 2020 elas cresceram de 5.548 km^2 para 25.709 km^2 (**Figura 6**). Tal expansão das atividades agropecuárias em detrimento das coberturas florestais, savânicas e campestres produz alterações significativas nas taxas de infiltração das precipitações pluviométricas. Elas representam a principal fonte de recarga dos aquíferos e, por sua vez, nas reservas renováveis das formações sedimentares integrantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As litologias das unidades estratigráficas do Grupo Balsas configuram sistemas aquíferos de elevado potencial hidrogeológico no Estado do Maranhão, como o Sambaíba e o Poty-Piauí (MONTEIRO *et al.*, 2012); livres a confinados; com espessuras sedimentares médias, sequencialmente, de 230 a 300m e de 150 a 250m; com produtividades Muito Alta/ Alta a Moderada/Alta, respectivamente; e de importância capital aos usos consuntivos da água como irrigação (principal), abastecimento humano entre outros.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. N. **Evolução estratigráfica da Sequência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba, NE do Brasil**. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Natal, 2015.

DINO, R.; ANTONIOLI, L.; BRAZ, S. M. N. Palynological data from the Trisidela Member of Upper Pedra de Fogo Formation ("Upper Permian") of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, n. 3, p. 24-35, jan./ jun. 2002.

GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. 1995. 171f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 57-67, jan./ mar. 1994.

LIMA FILHO, F. P. **Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano), Bacia do Parnaíba**. 1991. 148f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

MONTEIRO, A. B.; CORREIA FILHO, F. L.; DINIZ, J. A. O. Recursos hídricos subterrâneos do Estado do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS, 17.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POCOS, 18., 23-26 out. 2012, Bonito, MS. **Resumos Expandidos**... Bonito, MS: CBAS, out. 2012.

SPISILA, A. L. **Análise estrutural do intervalo Permiano-Jurássico da Bacia do Parnaíba – Região de Araguaína (TO)**. 2011. 131 fl. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2011.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G (Org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 73-93.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. das G. de A. da M.; WANDERLEY Filho, J. R.; TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 253-263, mai./nov. 2007.

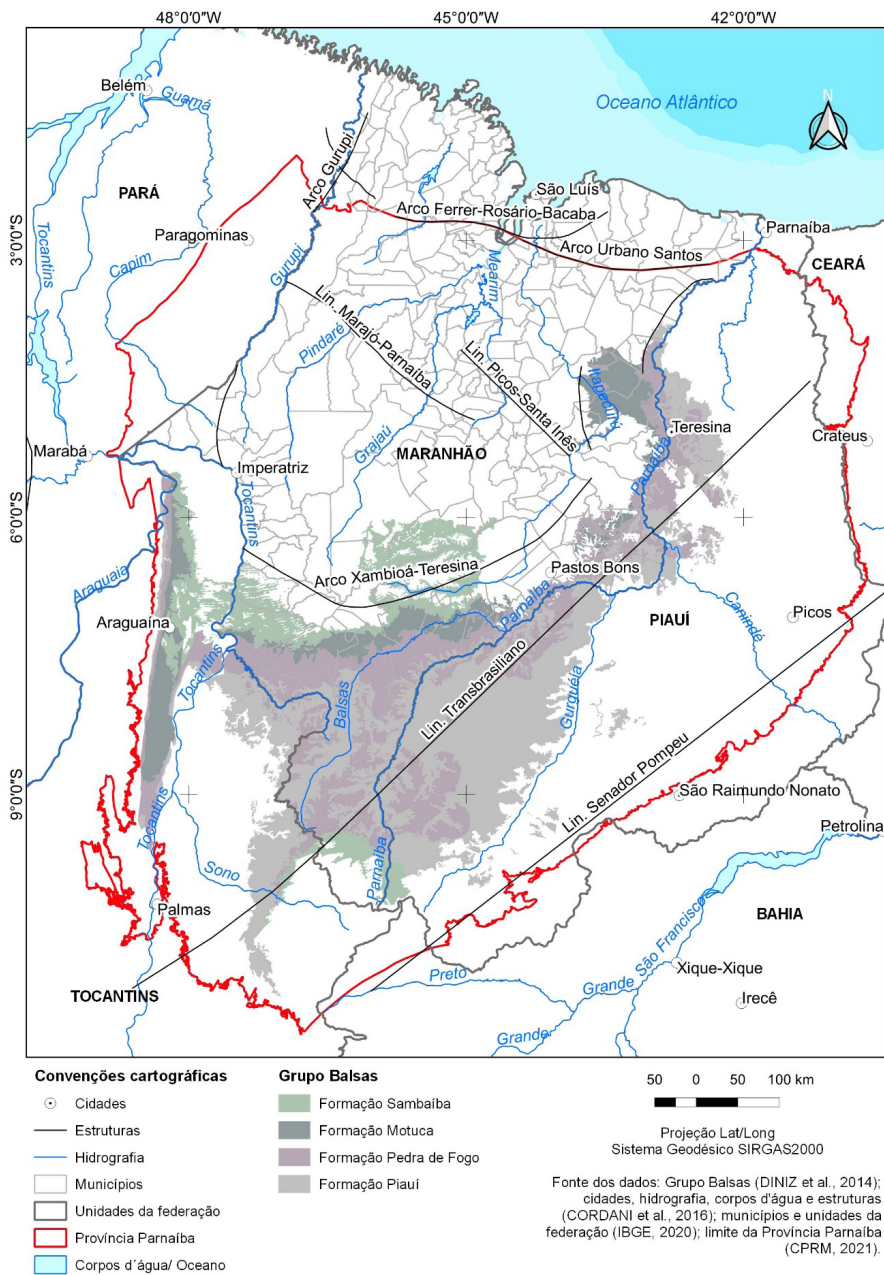



Figura 1 – Mapa temático da área aflorante das unidades estratigráficas integrantes do Grupo Balsas na Província Parnaíba.

Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

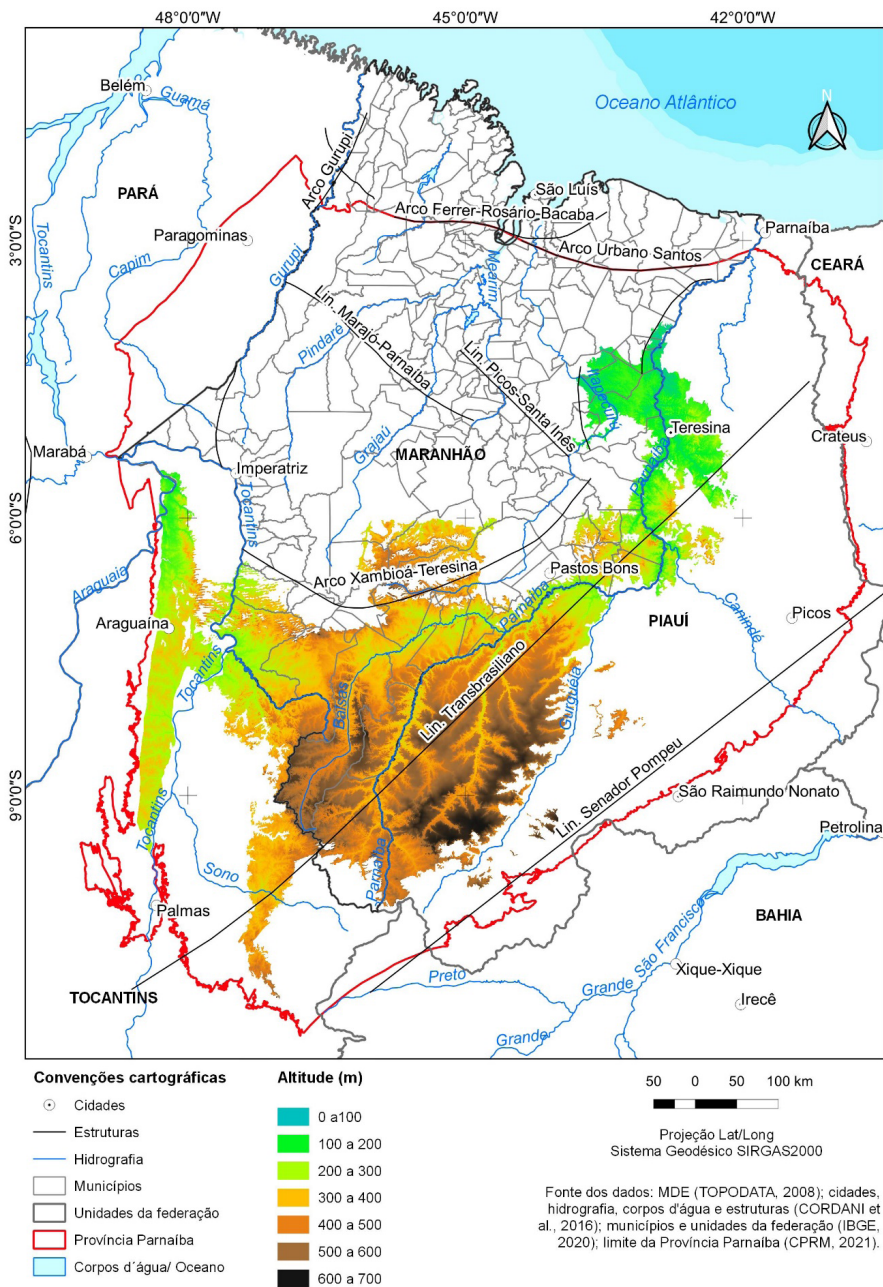



Figura 2 – Mapa temático de hipsometria da área aflorante do Grupo Balsas na Província Parnaíba.

Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

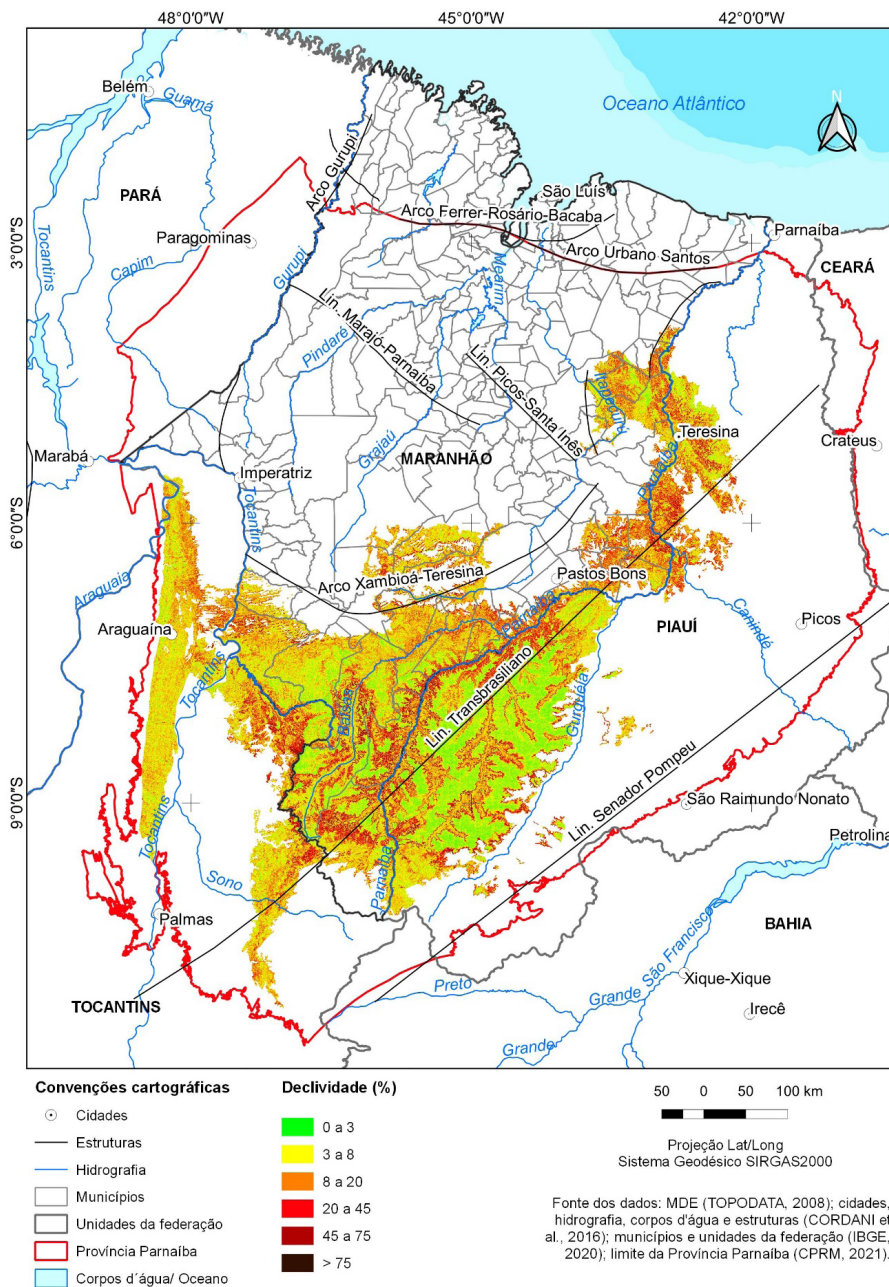



Figura 3 – Mapa temático de declividade (%) da área aflorante do Grupo Balsas na Província Parnaíba. Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

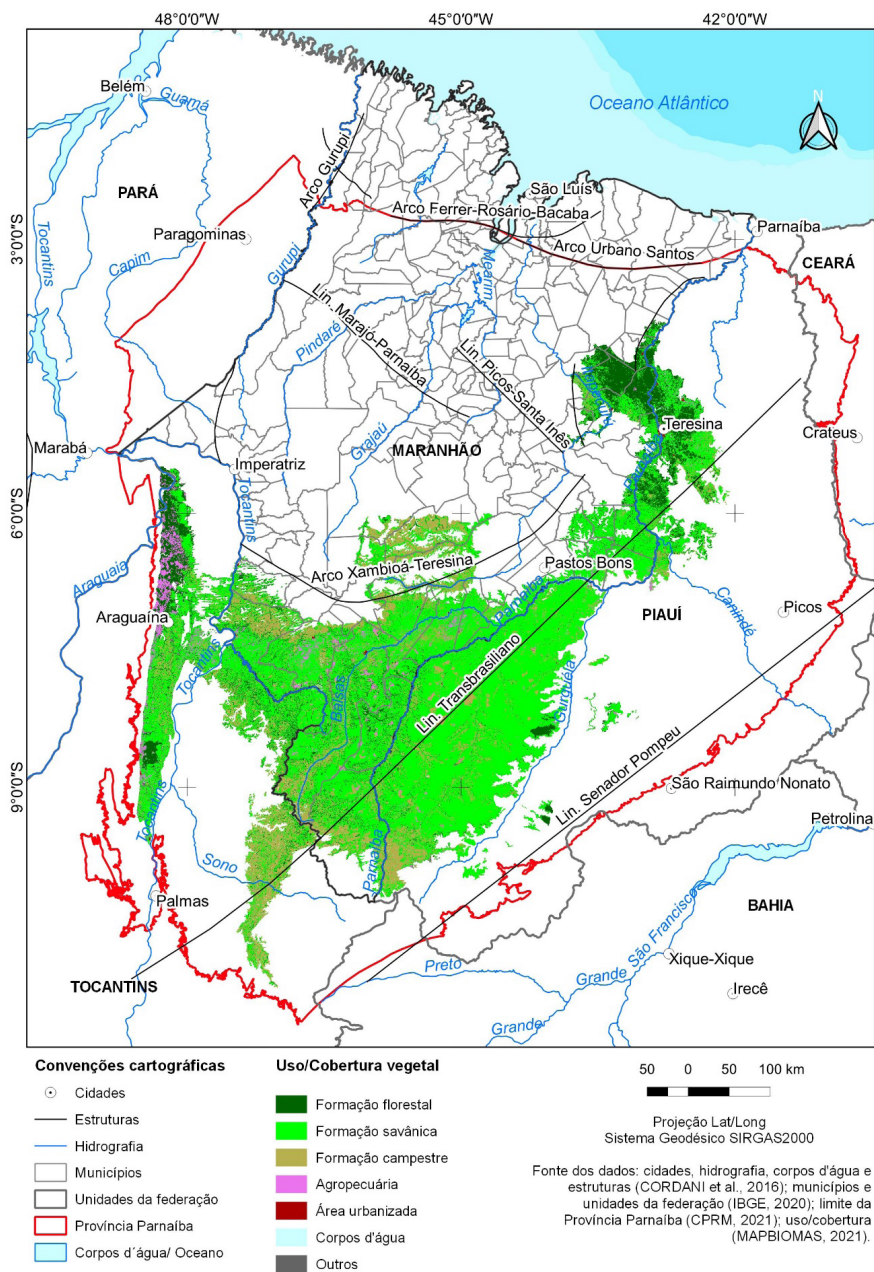



Figura 4 – Mapa temático das classes de uso/cobertura vegetal da área aflorante do Grupo Balsas, na Província Paranaíba, em 1990.

Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

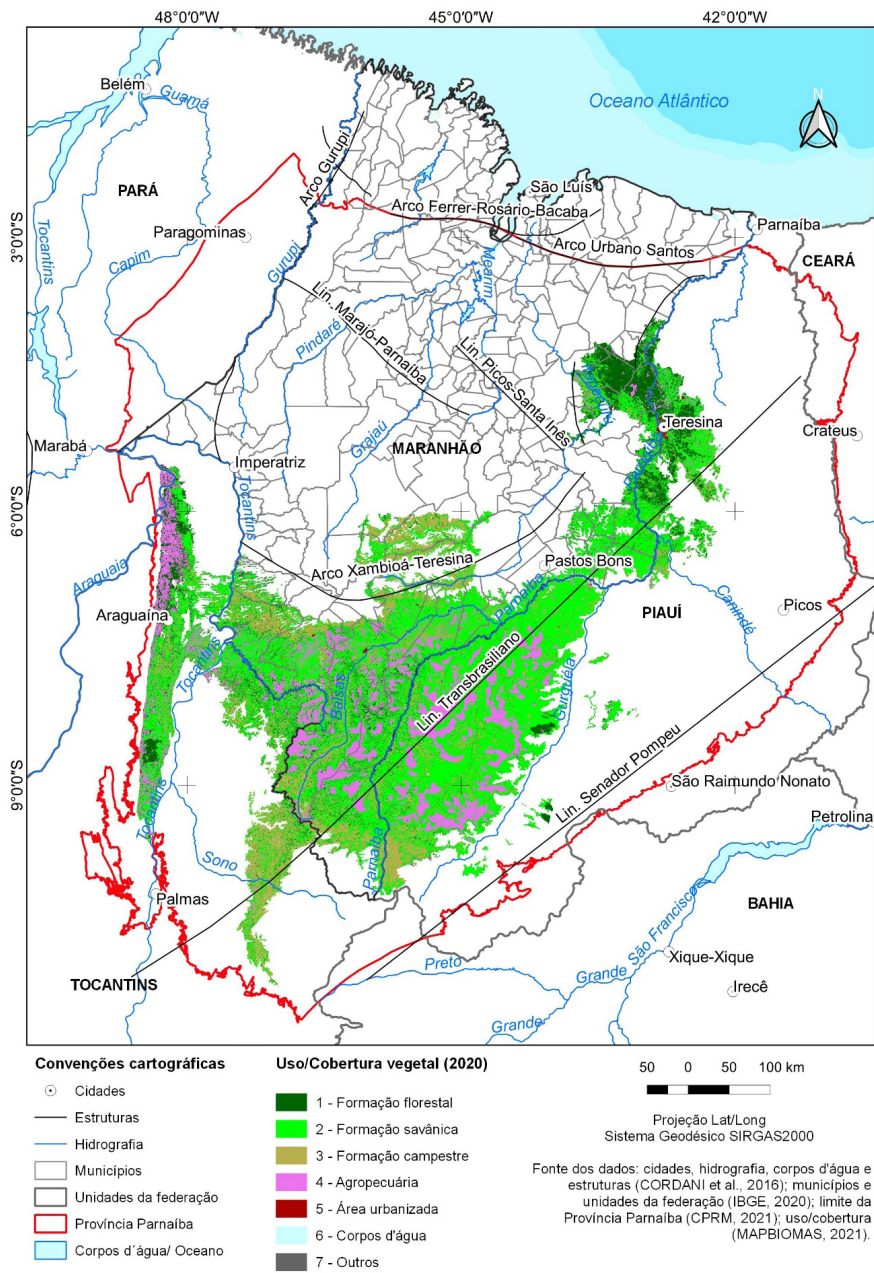



Figura 5 – Mapa temático das classes de uso/cobertura vegetal da área aflorante do Grupo Balsas, na Província Paranaíba, em 2020.

Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

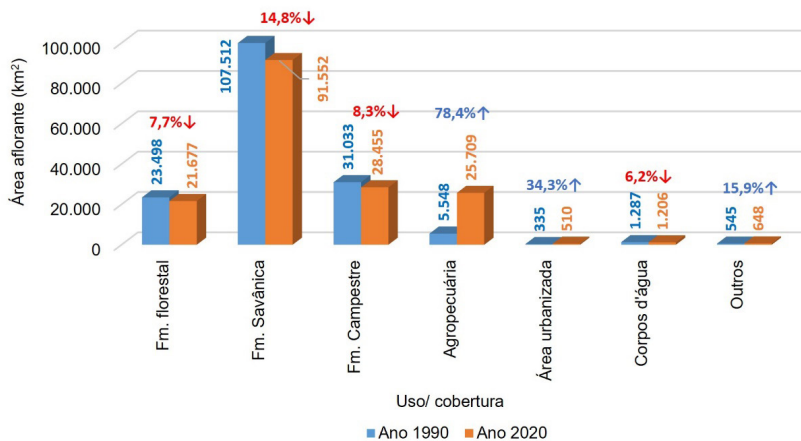



Figura 6 – Mudanças nas classes de uso/cobertura vegetal na área aflorante do Grupo Balsas na Província Parnaíba.

Fonte: Elaborado por Sousa, 2022.

CAPÍTULO 6

CURSO DE EXTENSÃO NA ÁREA DE MINERAÇÃO: O CASO DA COMUNIDADE QUILOMBOLA SUMIDOURO (QUEIMADA NOVA-PI)

Data de aceite: 01/11/2022

Messias José Ramos Neto

Naedja Vasconcelos Pontes

Flávia Bastos Freitas

Wladmir José Gomes Florêncio

Francielson Da Silva Barbosa

Ijan de Carvalho Silva

James Elemieverson Carvalho Oliveira

Alexandre Souza Rodrigues

Vinicius Igor Albuquerque Batista de Araújo

João Paulo Araújo Pitombeira

RESUMO: A extensão universitária é uma das funções que compõem o alicerce da instituição universitária e institutos federais, proporciona benefícios recíprocos para a sociedade e o acadêmico, favorecendo o senso comum de ambos. O objetivo desta pesquisa foi relatar a primeira experiência de extensão na área de mineração na comunidade Quilombola Sumidouro em Queimada Nova-PI. Utilizou-se como instrumento de coleta de dados, um questionário contendo 13 perguntas, abertas e fechadas, com o intuito de obter uma pesquisa de avaliação visando descobrir o grau de satisfação. Foram entrevistados 15 participantes, onde diante das informações coletadas verificou-se que a maioria dos participantes não tinham conhecimento do processo legal da obtenção da licença e da permissão da lavra garimpeira, de técnicas de extração de rocha, saúde e segurança ocupacional do trabalho e impactos ambientais. Através dos módulos ministrados foi possível sanar a escassez de conhecimento. O ensino e a aprendizagem foram positivos onde os participantes superaram suas expectativas quanto a satisfação da formação recebida. Os resultados demonstraram que ocorreu aceitabilidade e percepção da importância da atividade de extensão na área de mineração ofertada pelo IFPI – Campus Paulistana para a comunidade, promovendo maiores oportunidades aos envolvidos, tornando deles pessoas mais críticas e preparadas.

PALAVRAS-CHAVE: Capacitação, ensino, aprendizagem.

ABSTRACT: The university extension is one of the activities carried out by the university and federal institutes, it provides reciprocal benefits for society and the academic, favoring the common sense of both. The objective of this research was to report the first experience of universitary extension in the mining area in the Quilombola Sumidouro community in Queimada Nova-PI. A questionnaire containing 13 open and closed questions was used as a data collection instrument, with the aim of obtaining an evaluation survey aimed at discovering the degree of satisfaction. Fifteen participants were interviewed and it was found that most participants were not aware of the legal process of obtaining the license and permission of mining, rock extraction

techniques, occupational health and safety at work and impacts environmental. Teaching and learning were positive where the participants exceeded their expectations regarding the satisfaction of the training received. The results showed that there was acceptability and perception of the importance of the extension activity in the mining area offered by the IFPI - Campus Paulistana for the community, promoting greater opportunities for those involved, making them more critical and prepared people.
KEYWORDS: Training, teaching, learning.

INTRODUÇÃO

As atividades de extensão visam à promoção e à interação transformadora entre a Instituição e a comunidade, integrando os saberes e buscando o desenvolvimento social. As atividades de extensão pressupõem ação conjunta com a comunidade, tornando disponível a esta última o conhecimento acumulado e produzido pelos múltiplos potenciais desenvolvidos na Instituição. Esta ação produz um novo conhecimento a ser trabalhado e articulado com o ensino. A Extensão é compreendida como o espaço em que os Institutos Federais promovem a articulação entre o *saber fazer* e a realidade socioeconômica, cultural e ambiental da região. Educação, Ciência e Tecnologia devem articular-se tendo como perspectiva o desenvolvimento local e regional, possibilitando, assim, a imbricação/interação necessária à vida acadêmica. (IFPI, 2020).

A prática extensionista é um importante mecanismo para a materialização do conhecimento, em que se propaga a formação crítica, cidadã, política, formação profissional e prática profissional do discente (SANTOS; CRUZ; PALHETA, 2018), podendo ser aplicado em diversas áreas de atuação, incluindo nessa perspectiva na mineração. As ações extensionistas caracterizam-se por programas e atividades esporádicas nas comunidades, objetivando a "resolução" imediata e paliativa de problemas sociais, sem discussão previa dos fatores que provocam desigualdades sociais, nem incentivo a formas de intervenção organizada, daí serem denominadas assistencialistas (ARAÚJO, 2004).

Nessa concepção, buscamos nesse projeto de pesquisa discutir o desenvolvimento de um curso de extensão sobre mineração, destinado a comunidade Quilombola Sumidouro em Queimada Nova – PI que atualmente explota quartzito como rocha ornamental. O curso foi ofertado pelos docentes do Curso Técnico em Mineração do Instituto Federal do Piauí (Campus Paulistana) em parceria com o projeto CNPQ aprovado na chamada CNPq/MCTIC/MDS No36/2018 – Tecnologia Social, intitulado "Desenvolvimento técnico-econômico e social da lavra de quartzito da comunidade quilombola Sumidouro no município de Queimada Nova – PI". O projeto de curso de extensão visou o aperfeiçoamento dos quilombolas atuantes na lavra de quartzito buscando a melhor utilização de um método de extração, além de fornecer conhecimentos básicos de mineração e cuidados ao meio ambiente, assim, compartilhando experiências locais e científicas.

Além disso, foi lançado a proposta de avaliar os efeitos produzidos pelo curso

de extensão, verificando o processo de ensino-aprendizagem. Essa aprendizagem provavelmente deverá ter impacto no comportamento, atitudes e posturas dos indivíduos quanto ao processo de extração do quartzito na mina quilombola Sumidouro.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa utilizou-se como instrumento de coleta de dados, um questionário contendo 13 perguntas, abertas e fechadas, com o intuito de obter uma pesquisa de avaliação visando descobrir o grau de satisfação. Neste sentido, as perguntas do questionário/entrevista foram aplicadas no final do curso com perguntas diversas, obtendo assim, a visão dos participantes quanto ao curso de extensão considerando os conteúdos, satisfação e contribuição. Importante salientar que as informações obtidas nesta pesquisa foram autorizadas pelos próprios entrevistados através de um Termo de Consentimento, sendo garantido o sigilo e anonimato seguindo a Resolução 466/2012 sobre pesquisa envolvendo seres humanos, do Ministério da Saúde, sob número de processo CAAE 38889720.3.0000.9207.

ESTRUTURA DO CURSO DE EXTENSÃO

O curso de Extensão teve início no dia 09/01/2019 até 25/09/2021 sendo constituído por 6 módulos, tendo duração total de 120 horas. A maioria das aulas ocorreram aos sábados, no período da manhã e com duração de 5 horas. A comunidade alvo são os quilombolas Sumidouro no qual compreendeu 15 inscritos. O curso foi realizado com aulas expositivas e com a utilização de alguns recursos audiovisuais, tais como vídeos, amostras de rochas e demonstração de equipamentos básicos de mineração.

Figura 1 – Realização do curso de extensão, módulo de Licenciamento e tributos da mineração.

Fonte: Próprios autores.

O curso, como mostra o quadro 1, foi aplicado em diferentes módulos e com objetivos diferenciados em uma estrutura criada nas mediações da mina Quilombola Sumidouro.

Módulo	Período de aplicação	Objetivo Geral
I – Licenciamento e tributos da mineração (20h)	09/01 a 23/02/2019.	Compreender as normas e procedimentos aplicáveis a exploração, explotação e beneficiamento das substâncias minerais, permitindo a transformação da reserva mineral inerte em riqueza. Assim, possibilitando conciliar as atividades realizadas pela comunidade através dos direitos dos concessionários com os direitos do Estado, dos superficiários e preservação ambiental.
II – Gestão ambiental (20h)	10/04 a 08/05/2021.	Despertar a consciência ambiental e o entendimento das normas que regem as atividades produtivas no Brasil, com ênfase na gestão e gerenciamento dos recursos naturais.
III – Saúde e segurança ocupacional do trabalho (20h)	26/06 a 24/07/2021.	Incentivar a utilização de técnicas que visam a segurança e saúde do trabalhador no desenvolvimento de sua atividade laboral.
IV – Noções de topografia (20h)	28/08 a 25/09/2021	Conhecer os principais conceitos e fundamentos aplicados na topografia e na geodésia, e suas aplicações na mineração.
V – Lavra e Beneficiamento de rocha ornamental (20h)	27/03 a 05/06/2021	Conhecer as principais metodologias de lavra aplicadas nas rochas ornamentais e mostrar de forma detalhada como se dá o processo de beneficiamento das rochas ornamentais para que se possa agregar valores ao produto final.
VI – Empreendedorismo (20h)	12/06 a 10/07/2021.	Despertar nos participantes as características empreendedoras na busca de explorar e comercializar de maneira sustentável a oportunidade comercial existente na comunidade.

Quadro 1 – Estrutura geral do curso de extensão.

Fonte: Os autores.

No módulo I – Licenciamento e tributos da mineração iniciamos com a introdução a Constituição Federal de 1988 com foco em mineração e complementando com o atual código de mineração. Em seguida, o módulo foi finalizado explicando os regimes de aproveitamento dos recursos minerais e o regime fiscal-tributário.

No módulo II – Gestão ambiental procuramos mostrar os principais impactos produzidos pela atividade minerária e informamos as diretrizes e regulamentações quanto a fiscalização e cumprimento da legislação mineral e ambiental. Logo após, demonstramos algumas medidas mitigatórias utilizadas em áreas de mineração com a finalidade de também demonstrar a necessidade e importância dos cuidados quanto ao meio ambiente.

No módulo III – Saúde e segurança ocupacional do trabalho observamos a participação dos quilombolas principalmente quando questionados sobre os tipos de acidentes que já ocorreram com os mesmos, bem como quais medidas eles acreditavam que poderia ter

sido realizada para evitar os acidentes. Posteriormente, foi demonstrado a importância de prevenir acidentes e doenças ocupacionais, algumas Normas Regulamentadoras (NR) de observância obrigatória para operação de uma mina quanto à segurança e medicina do trabalho, e discussão quanto as técnicas que visam a segurança do trabalhador durante a execução das suas atividades na exploração da mina.

No módulo IV – Noções de topografia introduzimos noções básicas de topografia, escala, medição de distâncias, orientação e curvas de nível.

No módulo V – Lavra e beneficiamento de rochas ornamentais apresentamos o histórico, mercado, conceitos e definição. Posteriormente, introduzimos a classificação e tipologia das rochas ornamentais de revestimento. Os participantes conheceram também os principais ensaios de caracterização tecnológica das rochas ornamentais e os principais tipos de lavra. E o módulo finalizou com as técnicas utilizadas para o beneficiamento de rochas ornamentais.

No módulo VI – Empreendedorismo mostramos as atividades empreendedoras no Brasil, conceitos e principais características empreendedoras, bem como noções de oportunidades de negócios, marketing e plano de negócios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi realizada com os membros da comunidade Quilombola Sumidouro posterior a realização e conclusão do curso de extensão/capacitação. Todos os 15 inscritos no curso concordaram em responder um questionário, sendo 53% do sexo feminino com idade entre 24 e 53 anos e 47% do sexo masculino com idade entre 21 e 68 anos.

Iniciamos o questionário buscando entender a motivação que os levaram a participar do projeto de extensão. As respostas foram diversas, onde selecionamos as mais significativas e/ou semelhantes:

A) Participante 1 “Adquirir conhecimento, já que estou na área de produção do garimpo”.

B) Participante 2 “Mais conhecimento e segurança no trabalho”.

C) Participante 3 “ Eu queria apreender mais, ai apareceu o curso na comunidade e eu queria conhecer os direitos das coisas da comunidade. Antes do curso eu não sabia que as coisas do minério da comunidade tinham tanto valor”.

D) Participante 4 “Apareceu a oportunidade e como vivemos em comunidade, é bom todo mundo saber de tudo e um pouco, da mineração, da roça e do poço. A gente tem o costume de fazer as coisas que não sabia se era certo ou errado, mas fazemos por necessidade”.

E) Participante 5 “Porque eu queria ampliar os conhecimentos, pois até então eu só conhecia o garimpo como um lugar de pedra, eu não sabia nada aprofundado”.

Diversos autores criaram teorias na tentativa de descobrir o que pode influenciar e

definir o surgimento da motivação nas pessoas. Claramente, de acordo com as respostas dos participantes, a motivação é autodeterminada (DECI; RYAN, 1985), podendo ser classificada como uma motivação intrínseca, determinada por fatores pessoais, sendo esse o nível de motivação mais autônoma (DECI; VANSTEENKISTE, 2004).

Os cursos de extensão é uma forma de buscar mais conhecimento e aprimoramento de forma mais rápida e dinâmica. O curso ofertado pelo IFPI foi preparado especificamente para a Comunidade Quilombola Sumidouro como forma também de inclusão onde todos independentemente do grau de instrução conseguissem participar das aulas.

Solicitamos que os participantes escolhessem de um a dois módulos de aprendizagem no qual eles considerassem de maior importância para atuação no garimpo e o por quê. No gráfico 1 demonstra que os módulos de aprendizagem mais significativos foram saúde e segurança ocupacional do trabalho, seguido com um empate entre gestão ambiental e licenciamento mineral e tributos da mineração. Nenhum participante optou por noções de topografia. Quanto ao porquê, apenas dois participantes responderam:

> A) Participante 1 “Aprender a não se machucar e não danificar os materiais de trabalho e a explicação para tirar rocha”.
>
> B) Participante 2 “Meio ambiente porque para quem mora no interior aprendendo as coisas, ajuda os outros na comunidade conscientizando e na sua própria casa. Saúde e segurança porque você trabalha com conhecimento dos equipamentos e trabalha evitando acidentes e sem o conhecimento, trabalha de qualquer jeito”.

A atividade realizada pela comunidade no garimpo é caracterizada por técnicas e ferramentas rudimentares e de forma artesanal o que remete pela própria comunidade uma reflexão em torno das consequências para a saúde e segurança no garimpo. A preocupação está relacionada a quais equipamentos de proteção e o seu uso para garantir a segurança no trabalho. Observando essa necessidade, foi disponibilizado aos participantes Equipamentos de Proteção Individual (EPI) como: luvas, botas, capacetes, protetor auricular, óculos e respiradores. Foi adicionado, notando a exposição ao sol, protetores solares, avental e camisas longas uniformizadas.

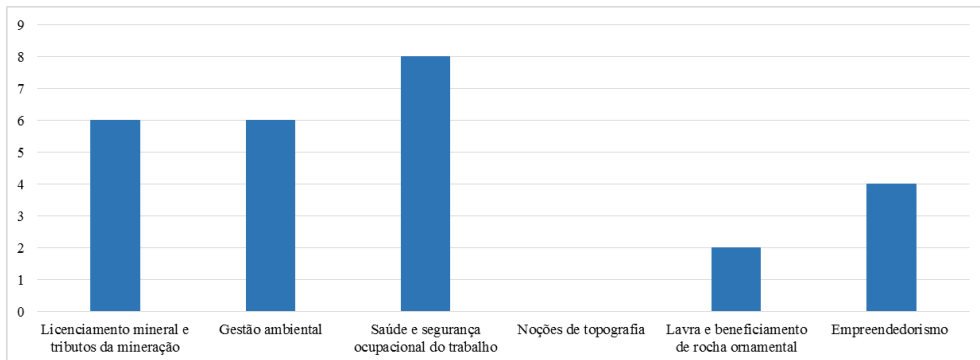



Gráfico 1 – Distribuição de respostas quanto aos módulos de aprendizagem mais significativos para cada participante.

Fonte: os autores.

Questionamos se os participantes tinham informação e entendimento quanto ao processo legal na obtenção de licença e da permissão de lavra garimpeira, onde apenas um afirmou que sabia a existência da necessidade, porém sem o conhecimento técnico.

Outro item questionado foi referente a satisfação (Gráfico 2) quanto a formação recebida e os materiais ofertados em relação à necessidade do campo de atuação, onde 66,7% dos participantes afirmaram que o curso de extensão/capacitação atendeu parcialmente as expectativas.

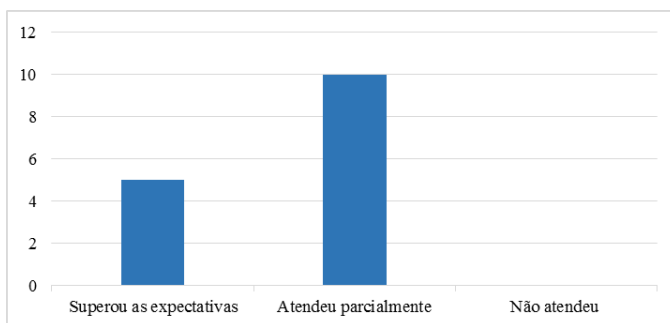



Gráfico 2 – Satisfação quanto a formação recebida e os materiais ofertados em relação à necessidade do campo de atuação.

Fonte: os autores.

Na sequência, foi questionado o nível de satisfação dos participantes sobre o curso ofertado e sua relação com o trabalho no garimpo. No gráfico 3 observamos que a maioria (60%) responderam que o curso superou as expectativas e 40% afirmaram que atendeu parcialmente.

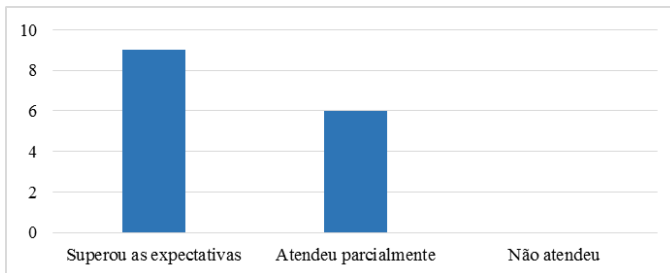



Gráfico 3 – Nível de satisfação sobre o curso ofertado e sua relação com o trabalho no garimpo.

Fonte: os autores.

Perguntou-se ainda se os participantes acreditavam que após o curso de extensão/capacitação, este teria contribuído para a melhoria do desempenho do trabalho dos mesmos no garimpo, de que forma e bem como se ocorreu a melhoria. Cinco participantes optaram em não responder os questionamentos. Os demais afirmaram que o curso contribuiu para melhoria do desempenho, onde também fizeram os seguintes comentários:

A) Participante 1 “Agora é possível exercer com mais habilidade e técnica”.

B) Participante 2 “Conhecimentos sobre segurança do trabalho e licenciamento”.

C) Participante 3 “Ser possível conciliar teoria com a prática”.

D) Participante 4 “Fazer o aproveitamento correto da rocha”.

Já no aspecto relatado sobre a importância da atividade de extensão na comunidade solicitamos que os participantes descrevessem o curso com uma nota variando de zero a dez, onde 27% mencionaram a nota máxima, 33% nota oito e 40% nota nove. Em adição, o conceito atribuído foi de 20% “Importante” e 80% “Muito importante”. Logo, pode-se afirmar que esse resultado se deu a partir também do reconhecimento reportado pelos participantes:

A) Participante 1 “Potencializar o minério que nós temos aqui e, valorização e proteção ambiental, porque exploramos sem ter conhecimento dos impactos ambientais”.

B) Participante 2 “Dar maior conhecimento para a comunidade desenvolver as atividades com maior precisão e habilidade técnica”.

C) Participante 3 “Vamos poder fazer o trabalho da forma certa e legal”.

D) Participante 4 “O curso foi importante para comunidade”.

Sob o olhar dos participantes, a principal contribuição da extensão foi o aprendizado pessoal seguido pelo aperfeiçoamento profissional (Gráfico 4). Os participantes também comentaram que o curso poderia ter sido mais proveitoso se por completo tivesse sido presencial, no entanto, por circunstância da COVID-19 os quatro últimos módulos ocorreram

de forma remota.

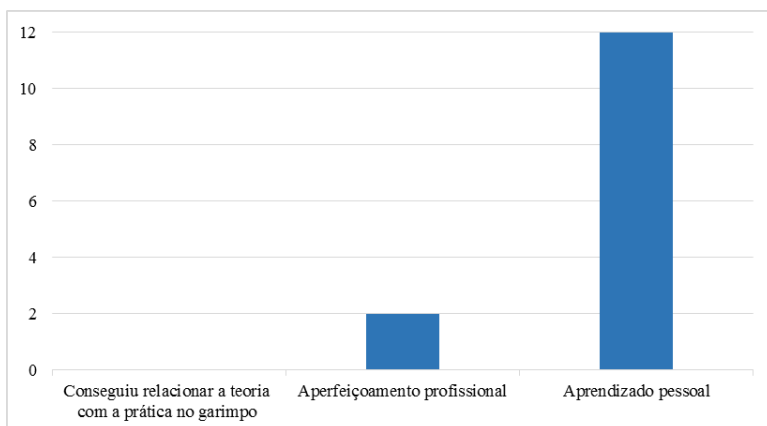



Gráfico 4 – Contribuições da extensão sob o olhar dos participantes.

Fonte: os autores.

Para finalizar, questionamos se a comunidade gostaria que o IFPI disponibilizasse outros cursos de extensão e quais modalidades, onde as respostas foram unânimes "sim". Os cursos mencionados foram: técnico em veterinária, empreendedorismo, gestão ambiental, administração, apicultura, cuidador de animais, culinária, informática/manutenção, beneficiamento de frutas, agricultura, segurança do trabalho, cooperativismo e gestão financeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a metodologia adotada foi possível diagnosticar a importância e a aceitabilidade da atividade de extensão proposta pelo IFPI – Campus Paulistana para a Comunidade Quilombola Sumidouro. Durante a realização do curso foi possível perceber o amadurecimento e implantação das ideias mostradas nessa pesquisa para a sociedade acadêmica do IFPI e a comunidade quilombola onde a vivencia possibilitou o aprendizado com benefícios mútuos que favoreceram ambos os lados. Ocorreu a troca de informações e fortalecimento da relação IFPI-Comunidade Quilombola Sumidouro melhorando a qualidade de vida do trabalhador no garimpo trazendo e mostrando novas técnicas de aperfeiçoamento e cuidados com a saúde e meio ambiente, isto é, uma mudança social do qual também é um dos principais objetivos da extensão.

Diante das informações coletadas verificou-se que a maioria dos participantes não tinham conhecimento do processo legal da obtenção da licença e da permissão da lavra garimpeira, de técnicas de extração de rocha, saúde e segurança ocupacional do trabalho e impactos ambientais. Através dos módulos ministrados foi possível sanar a escassez de conhecimento. O ensino e a aprendizagem foram positivos onde os participantes superaram

suas expectativas quanto a satisfação da formação recebida.

O ponto de maior relevância encontrado nas respostas foi a da importância do curso na comunidade como uma forma de obter mais conhecimento e contribuindo para a socialização sobre o minério de quartzito extraído. Esse público percebe a contribuição dessa atividade para melhoria das condições de vida da comunidade e dos atores envolvidos, avaliando também a proximidade do IFPI - Campus Paulistana com a comunidade Quilombola Sumidouro.

A proposta de extensão do IFPI - Campus Paulistana está pautada nos ideais da sustentabilidade ambiental e na equidade social, tendo como objetivo principal ajudar na melhoria da qualidade de vida da comunidade local. Os resultados confirmam o quanto foi imprescindível o curso de extensão na área de mineração na comunidade Quilombola Sumidouro que promoveu maiores oportunidades aos envolvidos, tornando deles pessoas mais críticas e preparadas. Recomenda-se a realização de outros cursos de extensão a fim de expandir o conhecimento em outras áreas contribuindo para o desenvolvimento da educação e local formando cidadões críticos.

REFERÊNCIAS

IFPI – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI 2020-2024: construindo para o futuro / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI – Teresina: IFPI, 2020.

ARAÚJO, E. J. M. As Práticas Curriculares e a Extensão Universitária. In: 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, 2004, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Disponível em: https://www.ufmg.br/congrext/Gestao/Gestao12.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Be-havior.New York: Plenum Press, 1985.

DECI, E. L.;VANSTEENKISTE, M. Self-determination Theory and Basic Need Satisfaction: Understanding human development in positive psychology. Ricerche di Psicologia, v. 27, n. 1, p. 23-40, 2004.

SANTOS, A. C. S; CRUZ, J. N.; PALHETA, R. F. S. A importância da atividade extensionista para a promoção de direitos humanos. **Extensão e Sociedade**, Natal, Edição Especial, p. 83-89, jun. 2018.

CAPÍTULO 7

ESTUDO DE LIQUEFAÇÃO EM PILHAS DE REJEITO: ELABORAÇÃO DE UM MODELO FÍSICO REDUZIDO PARA ILUSTRAÇÃO DO FENÔMENO

Data de aceite: 01/11/2022

Luísa de Andrade Araújo
PUC Minas; Belo Horizonte –MG, Brasil

Rafael Mendonça Carvalhais
PUC Minas; Belo Horizonte –MG, Brasil

Renata Pereira Gomes
PUC Minas; Belo Horizonte –MG, Brasil

Rodrigo Augusto Rodrigues Alves
PUC Minas; Belo Horizonte –MG, Brasil

Sofia Martins Torres
PUC Minas; Belo Horizonte –MG, Brasil

RESUMO: A liquefação foi a causa de dois rompimentos de barragens no Brasil no início do século XXI. As pilhas de rejeito vêm sendo implementadas como alternativa a barragens, mas também são susceptíveis a este fenômeno. A liquefação estática por fluxo sub horizontal foi analisada em um modelo reduzido de pilha e calculado seu gradiente hidráulico crítico. Foram elaborados modelos de areia, com e sem tapete drenante para verificação das linhas de fluxo, e modelos semelhantes de rejeito para induzir a liquefação. A partir da identificação das redes de fluxo nos modelos, comparou-as ao resultado obtido pelo software SEEP/W 2012 da GeoStudio. Através da análise computacional encontrou-se o gradiente hidráulico crítico de saída de 0,92, que provocou a liquefação do rejeito no pé da pilha. Ao final de toda a análise foi possível entender a importância de um sistema de drenagem para a estabilidade da estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeito, estabilidade de maciços e liquefação.

ABSTRACT: Liquefaction was the cause of two dam breaks in Brazil at the beginning of the 21st century. Tailings cells have been implemented as an alternative to dams, but are also susceptible to this phenomenon. Static liquefaction by sub horizontal flow was analyzed in a reduced cell model and calculated its critical hydraulic gradient. Sand models were elaborated, with and without blanket drain to check the flow lines, and similar models of tailings to induce liquefaction. From the identification of flow networks in the models, compared them to the result obtained by GeoStudio’s SEEP/W 2012 software. Through computational analysis, the critical hydraulic output gradient of 0.92 was found, which caused the liquefaction of the tailings at the foot of the cell. At the end of all the analysis it was possible to understand the importance of a drainage system for the stability of the structure.

KEY-WORDS: Tailings, soil estability and liquefaction.

1 | INTRODUÇÃO:

Em 2015 e 2018, o Brasil sofreu dois rompimentos, da barragem de Fundão, em Mariana e da Mina do Feijão, em Brumadinho. Estes desastres causaram um dano ambiental e humano irreparável e o primeiro é considerado o maior desastre em barragem do mundo (O GLOBO, 2019). A mineração representa quase 5% de todo o PIB nacional e em 2017 foi

responsável por 13% de toda a exportação do país (IBRAM, 2018). Essa atividade também contribui para o desenvolvimento da cidade onde é aplicada. Em Itabira-MG, a mineração corresponde a 305 da receita da cidade e a 70% da economia local (BBC, 2019). Entretanto ela gera um resíduo que não possui valor econômico, composto por minérios pobres, areia e água, o rejeito (G1, 2019). Este material normalmente é armazenado em barragens de terra.

Segundo a Agência Nacional de águas – ANA, em seu relatório de 2017, ocorrem cerca de três acidentes em barragem por ano no Brasil. Das quase 700 barragens em Minas Gerais, 22 não possuem estabilidade garantida (FEAM, 2018).

O empilhamento a seco surgiu como alternativa às barragens. Apresenta custo superior, mas maiores benefícios ambientais e de segurança, sendo uma opção vantajosa. Nesse método, o rejeito é filtrado e compactado, e a água é reutilizada no beneficiamento. (Instituto Minere, 2019). Elas também são susceptíveis a liquefação.

A liquefação é um fenômeno em que ocorre a mudança de fase do rejeito, que passa a se comportar como um líquido ao invés de polpa, devido ao aumento da poropressão e redução das tensões (NETO, 2009). Ela é a causa de rompimento de barragens mais crítico e recorrente, representando quase 50% das ocorrências (CASTRO, 2008).

A liquefação pode ocorrer devido a carregamentos estáticos ou dinâmicos. O primeiro ocorre devido à sobrecarga, ao aumento repentino da superfície freática, a infiltração por chuvas, entre outros. Já o carregamento dinâmico é causado por um carregamento cíclico, originado por eventos sísmicos, detonações ou tráfego de veículos (CASTILHO, 2017).

Um maciço de terra em contato com água possui uma rede de fluxo, que é a representação gráfica da trajetória do líquido pela estrutura, composto pelas linhas de fluxo e equipotenciais. Através da rede de fluxo é possível determinar a vazão, a pressão causada pela água na base da barragem e verificar o potencial de liquefação do solo em regiões de fluxo ascendente (TAYLOR, 1948, apud SANTOS, 2014).

O objetivo desse artigo é analisar o potencial de liquefação estática por fluxo sub-horizontal de uma pilha de rejeito, comparar a rede de fluxo do modelo físico com métodos de cálculo computadorizados e calcular o gradiente hidráulico que provoca a liquefação da pilha.

2 | METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para a realização do modelo reduzido foi utilizado um recipiente de 120x20x50cm³, com paredes de vidro e metal, e entradas de água, conforme Figura 1. O rejeito utilizado foi coletado em Agosto/2019 no reservatório da barragem B2 Auxiliar, no Complexo de Fernandinho, Figura 2. Foi necessário também areia grossa, grades metálicas envolvidas

em tela mosquiteiro, cano PVC, mangueira, solução de fenolftaleína e hidróxido de sódio, bolsas de soro com os respectivos tubos e agulhas, compactadores de madeira, cabos de vassoura e conchas para pegar o material.

Figura 1. Recipiente do modelo reduzido, composição dos autores.

Figura 2. Localização das barragens B2 e B2 Auxiliar, Google Earth Pro.

2.2 Chuva intensa

Uma chuva intensa será simulada através da junção do cano PVC à mangueira. O cano de PVC foi furado em duas linhas de frente, com furos distanciados em 6cm e alternados. Após demarcados dos furos, foram utilizados prego e martelo pra afundar os locais para, na sequência, utilizar uma furadeira, Figura 3.

Figura 3. Realização dos furos no cano de PVC, composição dos autores.

2.3 Teste de Permeabilidade

Foram comprados cerca de 50 kg de areia para o experimento. Era necessário saber se ela serviria para os propósitos do trabalho, então foi realizado um teste de permeabilidade.

O teste consistiu em preencher o recipiente com a areia, formando uma fundação rasa e uma barragem. A barragem foi contida pelas grades metálicas envolvidas em telas mosquiteiro e os cabos de vassoura travaram a estrutura.

O recipiente foi preenchido a montante com água e utilizada a solução de fenolftaleína e hidróxido de sódio. Assim, foi possível visualizar as linhas de fluxo, comprovando que a areia serviria para o objetivo do trabalho, Figura 4.

Figura 4. Visualização das linhas de fluxo, composição dos autores.

2.4 Testes de Percolação

Foram construídos dois modelos de pilha de areia, sem fundação, em camadas de 6cm, compactadas com um pouco de água e 25 golpes distribuídos ao longo da pilha, pelos compactadores de madeira. O talude possuía inclinação 1V:1H e foi contido pela grade envolvida em tela mosquiteiro e cabos de madeira para travá-lo, impossibilitando a ruptura precoce. O primeiro foi construído apenas com areia, enquanto no segundo foi colocado uma grade envolvida em tela mosquiteiro, apoiada sobre toquinhos de madeira, na base da pilha, para simular um tapete drenante (Figura 5). Esses modelos foram feitos para a visualização das linhas de fluxo nos dois casos, com e sem tapete drenante.

Figura 5. Montagem do modelo reduzido concluído, composição dos autores.

2.5 Testes de Rompimento por Liquefação

Para indução de rompimento foi utilizado o rejeito coletado. Foram construídos dois modelos, com e sem tapete drenante, com as mesmas proporções utilizadas nos modelos de areia. Para estes modelos, o recipiente foi preenchido de água e o rejeito foi depositado posteriormente, de forma a ficar 100% saturado, Figura 6. Após a sedimentação do material, drenou-se toda a água do recipiente para então simular a chuva intensa e induzir o rompimento.

Figura 6. Montagem do modelo reduzido de rejeito concluído, composição dos autores.

3 | RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Testes de Percolação

Após a construção do primeiro modelo de areia, sem tapete drenante, foi simulada a chuva intensa ao ligar a mangueira conectada ao cano de PVC furado. Foram posicionadas 3 bolsas de soro contendo a solução de fenolftaleína com hidróxido de sódio acima do modelo e as agulhas foram colocadas na pilha. Dessa forma foi possível a visualização das linhas de fluxo, Figura 7. Foi possível perceber que a água caminhava para o pé e face inferior do talude da pilha.

Figura 7. Linhas de fluxo sem sistema de drenagem, composição dos autores.

O segundo modelo foi construído com o tapete drenante. O procedimento realizado foi o mesmo do modelo anterior. Neste caso foi possível perceber que as linhas de fluxo se conduziam para o tapete drenante, como esperado, Figura 8.

Figura 8. Linhas de fluxo com tapete drenante de fundo, composição dos autores.

Apenas a critério de comparação, os dois modelos foram conduzidos a ruptura. Foram retirados os cabos de vassoura e a grade de contenção, e ligada a mangueira. O modelo sem tapete drenante se rompeu em cerca de 5 minutos, por meio de cunhas regressivas, Figura 9.

Figura 9. Ruptura do modelo de areia sem tapete drenante, composição dos autores.

Já o modelo com tapete drenante não se rompeu. Após 10 minutos de observação, sequer apresentou sinais liquefação. O acompanhamento ocorreu por cerca de 30 minutos.

3.2 Testes de Rompimento por Liquefação

O primeiro modelo a ser testado foi o sem tapete drenante. Foi drenada toda a água do recipiente até a pilha ficar seca. Foram tirados os cabos de vassoura e a grade de contenção. Iniciou-se a chuva intensa. Em aproximadamente 10 minutos, a pilha começou a dar indícios de liquefação no pé e após 27 minutos se rompeu totalmente. A Figura 10 apresenta 3 etapas da ruptura.

Figura 10. Etapas da ruptura do modelo reduzido de rejeito, composição dos autores.

O rejeito perde resistência, instabilizando a pilha e iniciando o processo de liquefação no pé dela. Pôde-se perceber que a ruptura ocorreu de forma análoga à do modelo de areia, por meio de cunhas regressivas.

O mesmo procedimento foi realizado no modelo de rejeito com tapete drenante. Após a retirada dos materiais de contenção, iniciou-se a percolação por fluxo descendente. Durante 15 minutos de observação não foi detectado nenhum indício de liquefação ou outra forma de rompimento. Após 30 minutos de observação, nada aconteceu, assim como no modelo de areia com tapete drenante. A Figura 11 apresenta o modelo após a indução de ruptura.

Figura 11. Modelo de rejeito em perfeito funcionamento com tapete drenante na fundação, composição dos autores.

Tanto o modelo de areia quanto o modelo de rejeito com tapete drenante não se romperam, mostrando a importância da utilização de um sistema de drenagem para a estabilidade do maciço.

3.3 Análise Computacional

Foi utilizado o software SEEP/W 2012 da GeoStudio para a análise computacional de percolação, e assim, comparara o resultado do programa com o resultado obtido nos testes realizados. As dimensões utilizadas no software foram as mesmas utilizadas no experimento, com a diferença de que nos testes foi em centímetro e no programa em metros.

Todos os dados de entrada solicitados pelo programa foram estimados pelos autores. As condições padrão do software foram utilizadas, sendo a Potencial Seepage Face para uma área permeável, passível de infiltração - parte superior da pilha, que recebe a chuva intensa, e a Zero Pressure definida para a área de escoamento – pé da pilha e tapete drenante. Para a relação ky'/kx'solicitada pelo programa foi considerada 0,8, por apresentar maior semelhança como os modelos físicos. A constante de permeabilidade do material foi definida em 10^{-6}m/s, casa decimal comum em rejeitos (RIBEIRO, 2017). Os resultados obtidos pelo software a partir dos dados de entrada apresentados acima estão apresentados nas figuras 12 a 15 abaixo, assim como os respectivos modelos físicos para comparação.

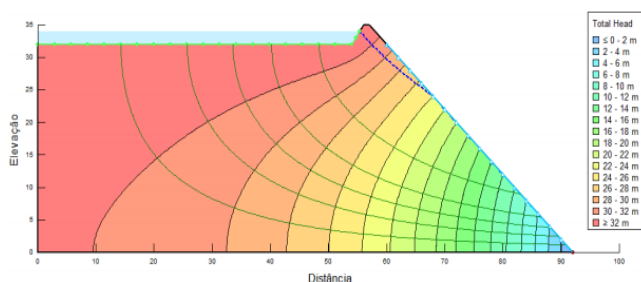



Figura 12. Análise de percolação no SEEP/W sem tapete drenante, composição dos autores.

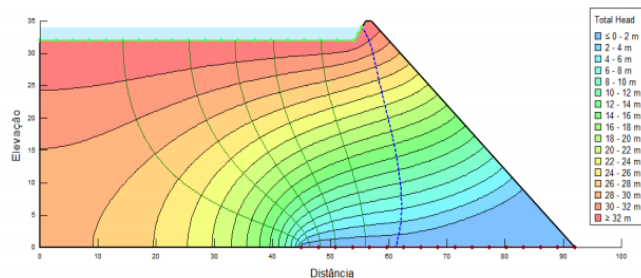



Figura 13. Análise de percolação no SEEP/W com tapete drenante, composição dos autores.

Figura 14. Modelo reduzido com linhas de fluxo sem tapete drenante, composição dos autores.

Figura 15. Modelo reduzido com linhas de fluxo com tapete drenante, composição dos autores.

A semelhança entre a rede de fluxo calculada pelo software e a visualizada nos modelos é percebida nas imagens acima. Assim, foi calculado o gradiente hidráulico crítico baseando-se nos dados de perda de carga informados pelo programa.

3.3.1 Cálculo do Gradiente Hidráulico Crítico:

Nos modelos reduzidos sem tapete drenante foi observado o início da liquefação no pé da pilha, causada pelo fluxo sub-horizontal na região de afloramento da freática na pilha. Neste ponto, as pressões de percolação se igualam às resistentes, tornando a pressão efetiva nula e apresenta o gradiente hidráulico crítico.

Considerou-se as últimas 3 linhas equipotenciais como a área liquefeita e assim foi calculado o gradiente hidráulico crítico ali, conforme apresentado abaixo. Os valores de h e L foram obtidos no software.

Em equações de várias linhas, a sua numeração deve ser feita na última linha. As fórmulas e o texto devem ser separados por uma linha. As equações devem ser feitas na mesma fonte do texto, com os índices subscritos, como o exemplo seguinte:

$$i = \frac{h}{L} = \frac{6}{92-85,5} = \frac{6}{6,5} = 0,92 \qquad (1)$$

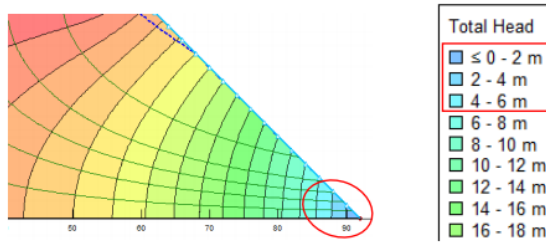



Figura 16. Representação do cálculo do gradiente hidráulico crítico SEEP/W, composição dos autores.

O gradiente hidráulico crítico obtido de 0,92 está em conformidade com valores conhecidos para a maioria dos solos, entorno de 1.

4 I COMENTÁRIOS FINAIS

O experimento realizado mostrou a semelhança entre os dados apresentados na análise computacional e o resultado dos modelos reduzidos. O valor obtido para o gradiente hidráulico de saída que causa a liquefação estática por fluxo sub-horizontal do rejeito está de acordo com o esperado, próximo de 1.

O experimento também evidenciou a importância da utilização de um sistema de drenagem efetivo e como ele influencia na estabilidade da estrutura, já que não houve ruptura quando o tapete drenante de fundo foi utilizado. Vale lembrar que o tapete drenante utilizado possuía passagem livre para a água, o que não ocorre na realidade. Portanto, deve-se implementar outros meios de drenagem complementar.

Nos modelos com tapete drenante foi observado que os gradientes hidráulicos elevados se apresentam no início do tapete drenante e não no pé da pilha, conforme apresentado pela análise computacional. Dessa forma não provocam a instabilidade do maciço.

A forma de ruptura, tanto do modelo de areia quanto o modelo de rejeito foram a mesma, se deu por meio de cunhas regressivas.

AGRADECIMENTOS

À Deus. Ao Me. Paulo Cesar Parra, que foi essencial para que este trabalho fosse executado. À DAM Projetos, que colocou à nossa disposição toda a infraestrutura da empresa para elaboração do modelo físico reduzido, objeto de estudo. À Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, pela recepção na Mina de Fernandinho na cidade de Itabirito - MG, e por nos possibilitarem coletar as amostras de rejeito para execução do trabalho. Por fim aos familiares e amigos pela torcida.

REFERÊNCIAS

Ação Civil Pública movida pelo Ministério Público Federal em face da FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/eventos/Seminarios/Zani1ACPBarragens.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2019.

O GLOBO. (2019) *Infográfico: os maiores acidentes com barragens do mundo*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/infografico-os-maiores-acidentes-com-barragens-no-mundo-23404340>. Acesso em: 22 mar. 2019.

O TEMPO. (2015) *Minas já sofreu com outros rompimentos de barragens.* Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/minas-j%C3%A1-sofreu-com-outros-rompimentos-de-barragens-1.1159501>. Acesso em: 5 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO- IBRAM.(2018) *Relatório anual de atividades, Julho de 2017 a Junho de 2018***.** Disponível em : <http://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

INSTITUTO MINERE (2019) *Empilhamento de rejeito a seco: alternativa a disposição em barragens.* Disponível em : <https://institutominere.com.br/blog/empilhamento-de-rejeito-a-seco-alternativa-a-disposicao-em-barragens>. Acesso em: 23 mar. 2019

BBC NEWS BRASIL. (2019) *Mineração: cidade onde Valenasceu vive cercada por 33 vezes o volume de rejeitos de barragem que se rompeuem Brumadinho*. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47220855>. Acesso em: 22 mar. 2019.

G1. (2019) *Entenda o que é minério de ferro, rejeito e barragem.*. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/30/entenda-o-que-e-minerio-de-ferro-rejeito-e-barragem.ghtml>. Acesso em: 22 mar. 2019.

Neto, J. P. F. (2009) *Estudo da liquefação estática em rejeitos e aplicação de metodologia de análise de estabilidade. 2009. 154f*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

Castro L. V. P. (2008) *Avaliação do comportamento do nível d'água em barragem de contenção de rejeitos alteada a montante*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Castilho B. M. (2017) Análise dos gatilhos de liquefação dinâmica e modelagem numérica da barragem do Germano. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) – Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

Ribeiro, A. B. (2017) *Avaliação do regime de fluxo e da poropressão de uma barragem alteada para montante: comparação das observações de campo e da modelagem numérica.* Disponível em: <https://www.nugeo.ufop.br/uploads/nugeo_2014/teses/arquivos/arturribeiro-02-10-2017-11-15-23am.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2019.

Santos, R. B. (2014) *Estudo de influência da rede de fluxo na análise de estabilidade de talude em Nova Friburgo – RJ.* Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CAPÍTULO 8

USO DAS FERRAMENTAS DO QGIS NA COMPILAÇÃO E VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DE DADOS DO MERCADO IMOBILIÁRIO

Data de aceite: 01/11/2022

Bruno Pereira Correia
Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, UFPI, Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/7662966106257676

Daniella Rodrigues Tavares
Esp. em Infraestrutura de Transportes e Rodovias, Prof.ª Substituta, UFPI, Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/0482728685835945

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi utilizar as ferramentas do *software* QGIS na compilação e visualização dos arquivos vetoriais contendo os dados do mercado imobiliário do tipo casa e terreno, no qual estes foram coletados de diferentes fontes e inseridos no SIG de forma completa e padronizada. Para isso, foi realizado um levantamento na Zona Leste do município de Teresina-PI, que é a região da cidade que apresenta este setor mais aquecido. A base cartográfica do sistema foi composta por uma camada vetorial, que apresenta os limites dos bairros e das zonas da cidade, e uma raster com imagens do *Google Satellite* obtidas pelo complemento *QuickMapServices*. Para manipular os dados e desenvolver o SIG, foi utilizado o software QGIS 3.4.7, onde foram criadas duas camadas vetoriais para representar cada tipo de imóvel no formato *shapefile*. Pensando em outras formas mais acessíveis, as camadas foram salvas no formato .KML para ser aberto no *software Google Earth*, bem como foi utilizado o complemento *QGIS Cloud*, gerando um link para publicar os mesmos dados na internet. Pode-se concluir que o SIG é uma ótima ferramenta para armazenar as amostras de dados do mercado imobiliário e disponibilizá-los aos avaliadores de maneira mais ordenada, tendo como principal benefício a redução do tempo gasto por eles para compor as amostras de referências de suas avaliações.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de imóveis, Sistema de Informação Geográfica, banco de dados.

THE USE THE QGIS TOOLS IN THE COMPILATION AND SPATIAL VISUALIZATION OF REAL ESTATE MARKET DATA

ABSTRACT: The objective of the present work was to use the QGIS software tools in the compilation and visualization of vector files containing the real estate market data of the house and land type, in which these were collected from different sources and inserted in the GIS of complete and standardized way. For this, a survey was carried out in the East Zone of the municipality of Teresina-PI, which is the region of the city with this hottest sector. The system's cartographic base was composed of a vector layer, which presents the limits of neighborhoods and city zones, and a raster with of the Google Satellite images obtained by the QuickMapServices complement. To manipulate the data and develop the GIS, the QGIS 3.4.7 software was used, where two vector layers were created to represent each type of real estate in shapefile format. Thinking about other more accessible ways, the layers were saved in .KML

format to be opened in Google Earth software, as well as the QGIS Cloud complement was used, generating a link to publish the same data on the internet. It can be concluded that the GIS is a great tool to store the samples of real estate market data and make them available to appraisers in a more orderly manner, for instance the main benefit of reducing the time spent by them to compose the reference samples of their assessments.
KEYWORDS: Property valuation, Geographic Information System. database.

INTRODUÇÃO

A avaliação de imóveis consiste em estimar o valor de mercado do imóvel avaliando levando em consideração as suas características intrínsecas e da região no qual está localizado, de modo que o valor seja obtido de forma técnica. É um serviço essencial para a tomada de decisões importantes, onde o valor de um bem é fundamental para resolver algum problema, como por exemplo, nas transações de compra, venda ou locação de bens, decisões jurídicas, indenizações, cobrança de impostos, entre outros. Com isso, é exigido que as avaliações possuam resultados precisos e confiáveis (MOREIRA et al, 2010; BRAULIO, 2005).

No Brasil, o serviço de avaliação de bens é regulamentado pela NBR 14.653, que dispõe sobre os conceitos, métodos e procedimentos que devem ser considerados pelos profissionais. Para realizar a avaliação de bens, a norma determina que sejam seguidas sete etapas, sendo uma delas a coleta de dados. Nessa etapa o engenheiro de avaliações deve investigar o mercado imobiliário com o objetivo de coletar dados que sejam semelhantes entre si e ao imóvel avaliando. Esses dados formaram uma amostra que é fundamental para encontrar o valor do imóvel. Portanto, esta etapa é a mais importante, sendo importante que os dados sejam confiáveis e suficientes, para garantir bons resultados (ABNT, 2001).

No entanto, o mercado imobiliário é uma das áreas mais dinâmicas do setor econômico, devido às constantes mudanças que ocorrem no espaço urbano que influenciam nos valores dos imóveis. Além disso, o fato dos imóveis possuírem características heterogêneas entre si dificulta a comparação direta entre eles. Ademais, ainda existem dados cujo valor do imóvel é definido de forma subjetiva com base na experiência ou opinião pessoal (BRAULIO, 2005). Outro problema que os profissionais enfrentam é a falta de padronização dos dados, uma vez que em determinadas fontes são encontradas informações completas, e em outras fontes faltam informações.

Devido aos problemas supracitados, a coleta de dados torna-se uma etapa muito difícil e demorada, uma vez que os profissionais devem procura em muitas fontes, que sejam seguras e confiáveis, até encontrar dados suficientes para aplicar algum método. Nesse contexto, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser utilizado para gerenciar os dados espaciais, uma vez que possui ferramentas que permitem o armazenamento e processamento dos dados geográficos, como ressalta Barros et al (2001, p. 211):

> [...] os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), representam uma

> ferramenta extremamente útil para os propósitos do planejamento. Por reunirem um extenso conjunto de aplicativos, tais sistemas se constituem num instrumento capaz de armazenar, manipular, recuperar e analisar dados georreferenciados. Permitindo desta forma rapidez na obtenção de informações e dados para conhecer e resolver problemas de organização espacial. É característica básica e geral dos SIGs a capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos, e o armazenamento da topologia, o que permite as consultas ao banco de dados espacial.

Desse modo, a solução proposta nesse trabalho é utilizar as ferramentas do QGIS na compilação e visualização de arquivos vetoriais contendo os dados do mercado imobiliário necessários para a realização de uma avaliação de imóvel. Para isso, foi realizado um levantamento na Zona Leste do município de Teresina-PI. Com isso, os profissionais terão em um único ambiente dados de diferentes fontes, padronizados e completos.

METODOLOGIA

A referente pesquisa foi realizada na Zona Leste do município de Teresina, capital do Estado do Piauí. Segundo dados de 2018 da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação – SEMPLAN, a Zona Leste é formada por 29 bairros, possui uma área territorial de 62,87 km² da área urbana, população de 167.443 habitantes e densidade demográfica de 2.663 hab/km².

O mercado imobiliário de Teresina cresce em todas as regiões, seja por causa de programas habitacionais ou por grandes empreendimentos. A Zona Leste é a região com o maior número de vendas de imóveis, e isso se deve pela supervalorização provocada pelos estabelecimentos comerciais e educacionais presentes na região, como faculdades e *shoppings*. Um dos objetivos dos compradores é investir em imóveis que, com o decorrer do tempo, se tornarão mais rentáveis. Assim, eles poderão vender ou alugar os imóveis, gerando muito lucro (CIDADE VERDE, 2013) (G1 PIAUÍ, 2013) (180 GRAUS, 2015). A Figura 1 mostra o mapa de localização da Zona Leste, bem como a delimitação dos bairros.

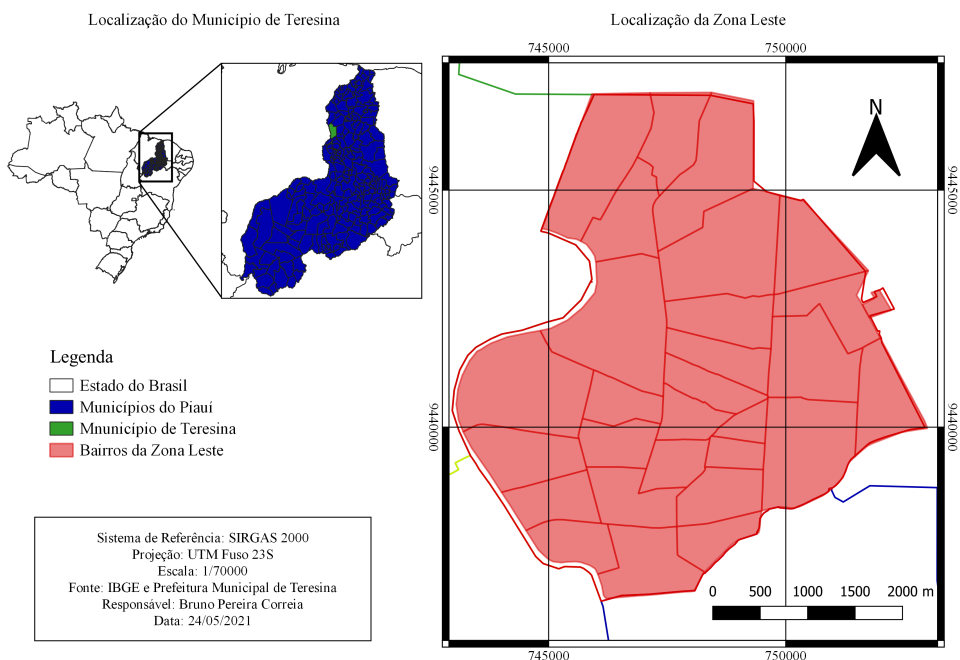



Figura 1 – Mapa de localização

O *software* escolhido para desenvolver o SIG foi o *Quantum Geographic Information System* (QGIS), que é o mais utilizado nas aulas do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Piauí (UFPI), logo é o programa que o presente autor tem mais prática. Além disso, o QGIS é um programa de SIG Livre e de Código Aberto que suporta muitos formatos de vetores, rasters e bases de dados, possui várias funcionalidades, e funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android (QGIS Development Team, 2021). A versão do QGIS utilizada nesse trabalho foi a 3.4.7.

O levantamento dos dados necessários para produzir o sistema foi divida em duas etapas: primeiramente foram levantadas as informações para compor a base cartográfica, em seguida foram coletadas as informações do mercado imobiliário para compor o banco de dados. A base cartográfica desse projeto é formada por duas camadas: uma vetorial, representando os limites dos bairros e zonas da cidade, e outra raster composta por imagens do servidor do Google.

A camada vetorial foi obtida no site da SEMPLAN, que disponibiliza para a população diversos tipos de mapas contendo informações da cidade nos seguintes formatos: *shapefile*, dwg, PDF, KMZ, KML e JPG (SEMPLAN, 2020). Assim, para execução desse trabalho, no dia 24 (vinte e quatro) de maio de 2021 (dois mil e vinte e um) foi realizado o *download* do arquivo no formato *shapefile* que delimita a cidade de Teresina em logradouros, quadras, bairros e zonas.

Já a camada raster foi obtida utilizado o complemento do QGIS chamado *QuickMapServices*, que possibilita adicionar uma camada *web* proveniente de serviços de mapeamento *online*, como o *Google Maps, Google Satellite, Landsat, OpenStreetMap, Bing*, entre outros. Para este projeto foi escolhido o servidor do *Google Satellite*. A vantagem de usar esse completo é a ótima resolução espacial obtida, garantido uma visualização detalhada das feições urbanas, como mostra a Figura 2.

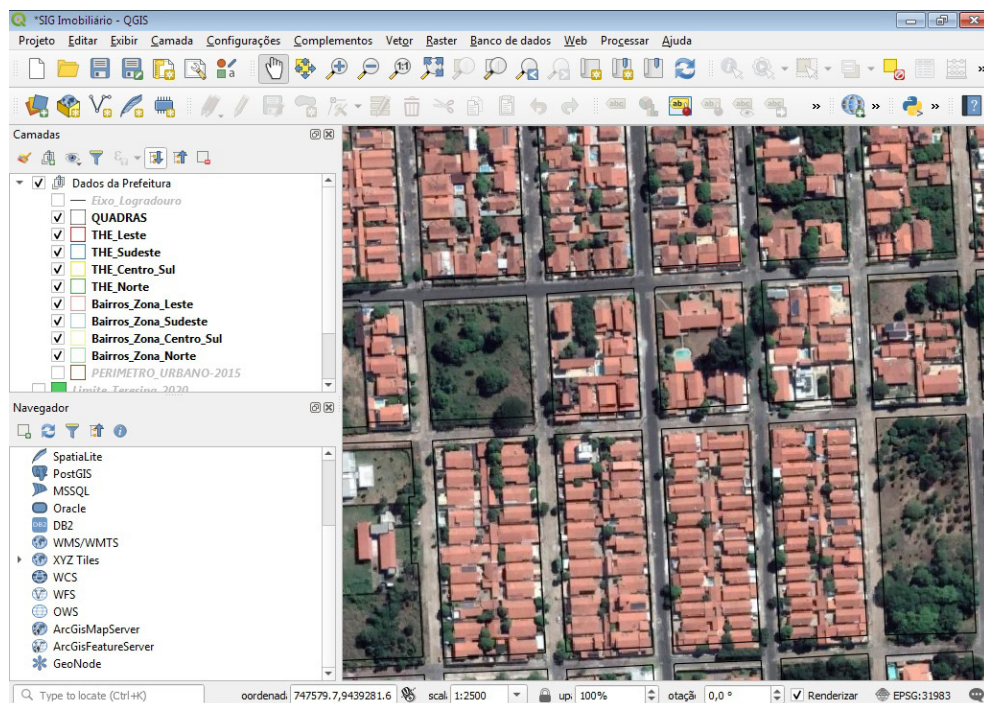



Figura 2 – Resolução espacial das imagens do *Google Satellite* na interface do QGIS

Vale ressaltar que existe um leve deslocamento entre as representações espacial e vetorial, uma vez que ambas estão em sistemas de referência diferentes. Porém, isso não irá interferir no objetivo desse trabalho, pois os imóveis serão representados por pontos.

Os dados imobiliários foram coletados em sites de imobiliárias, sendo pesquisados por imóveis do tipo casa e terreno, e coletadas as seguintes informações de cada imóvel: área, frente, profundidade, endereço (rua e bairro), situação na quadra (meio, esquina ou várias frentes), valor, situação mercadológica (oferta ou transação), data da coleta e fonte dos dados. Ao todo foram coletadas as informações de 86 (oitenta e seis) imóveis, sendo 40 (quarenta) do tipo casa e 46 (quarenta e seis) do tipo terreno, do dia 28 (vinte e oito) de maio até o dia 11 (onze) de junho de 2021 (dois mil e vinte e um).

No QGIS, foram criadas duas camadas vetoriais do formato *shapefile* para

representar os dados coletados: um para os imóveis do tipo casa, e outra para os imóveis do tipo terreno. A localização dos imóveis foi representada na interface do QGIS através de pontos e as informações foram adicionadas na tabela de atributos. Todas as etapas a seguir foram realizadas para as duas camadas. Como mostra a Figura 3, As camadas foram configuradas da seguinte maneira:

1) Tipo de geometria: ponto;

2) Sistema de referência: SIRGAS 2000/Projeção: UTM zona 23S;

3) Campos da tabela de atributos: informações dos imóveis definidas no tópico 5.2.2.

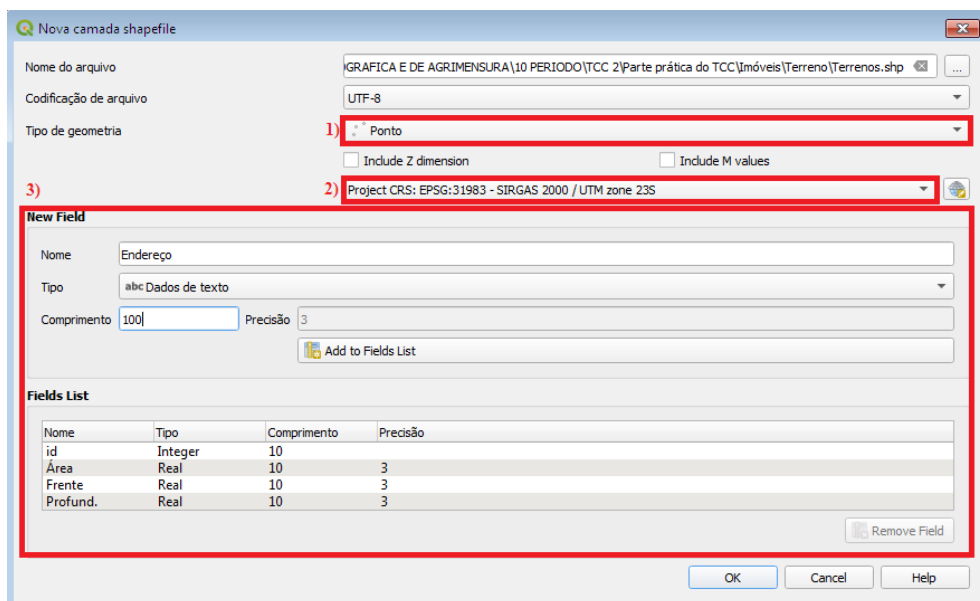



Figura 3 – Configuração da camada vetorial dos imóveis

Em seguida, foram adicionadas as informações dos imóveis no SIG seguindo os seguintes passos, que é ilustrado na Figura 4:

1) Selecionando a camada;

2) Selecionando a opção “alternar edição”;

3) Selecionando a opção “adicionar ponto” e clicando no imóvel coletado;

4) Preenchendo a caixa com as informações do imóvel.

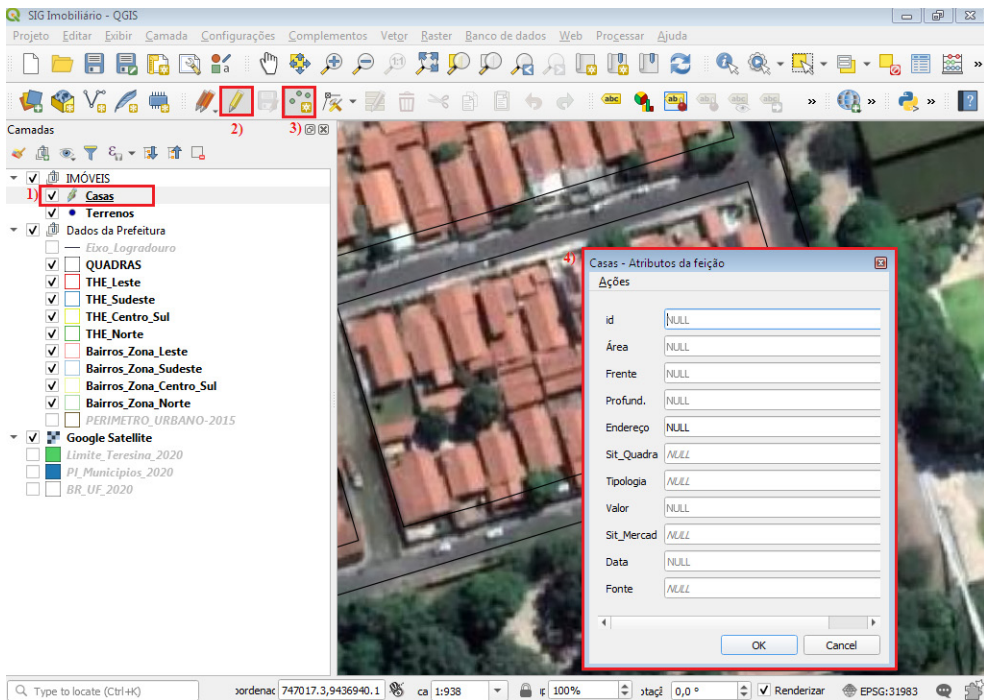



Figura 4 – Adicionando as informações dos imóveis no SIG

Após a realização do processo supracitado para todos os imóveis pesquisados, foi obtido como resultado uma tabela de atributos, apresentada na Figura 5, que funciona como um banco de dados. A partir das informações contidas nessa tabela é possível realizar análises sobre o funcionamento do mercado imobiliário utilizando técnicas de geoprocessamento, e apresentar os resultados em mapas.

Terrenos :: Features Total: 46, Filtered: 46, Selected: 0

	id	Endereço	Sit_Quadra	Sit_Mercad	Data	Fonte	Área(m²)	Frente(m)	Profud.(m)	Valor(R$)
1	1	Rua Bento Clarindo, Bairro Noivos	Meio	Oferta	2021-05-28	Imobiliária Rocha & Rocha	576,000	16,000	36,000	300000,00
2	2	Rua Vereador Edmundo de Oliveira, Bairro São Cristov...	Meio	Oferta	2021-05-28	Imobiliária Rocha & Rocha	294,000	9,500	31,000	230000,00
3	3	Rua Aloísio Lima, Bairro Ininga	Esquina	Oferta	2021-05-28	Imobiliária Rocha & Rocha	600,000	20,000	30,000	450000,00
4	4	Rua Cônego Raimundo da Fonseca, Bairro Morada do...	Meio	Oferta	2021-05-28	Imobiliária Rocha & Rocha	564,000	18,800	30,000	350000,00
5	5	Rua Dr. Anísio Maia, Bairro Iinga	Esquina	Oferta	2021-05-28	Porto Imobiliária	600,000	20,000	30,000	500000,00
6	6	Avenida Senador Arêa Leão, Bairro São Cristovão	Esquina	Oferta	2021-05-28	Porto Imobiliária	600,000	20,000	30,000	750000,00
7	7	Rua Hugo Napoleão, Bairro Fátima	Meio	Oferta	2021-05-28	Porto Imobiliária	452,000	10,000	42,500	500000,00
8	8	Rua Professor Oscar Cavalcante, Bairro Campestre	Meio	Oferta	2021-05-28	Porto Imobiliária	469,800	15,000	31,320	1200000,00
9	9	Rua Jornalista João Rocha Marinho, Bairro Ininga	Meio	Oferta	2021-05-28	G & G Imóveis	390,000	13,000	30,000	220000,00
10	10	Rua Licurgo de Paiva, Bairro Recanto das Palmeiras	Esquina	Oferta	2021-05-28	G & G Imóveis	900,000	30,000	30,000	310000,00

Figura 5 – Tabela de atributos

Por fim, pensando em formas mais acessíveis de visualizar as informações do banco

de dados, as camadas vetoriais também foram salvas no formato *Keyhole Markup Language* (KML), para ser aberto no *software Google Earth*. Além disso, foi utilizado o complemento *QGIS Cloud* para publicar os dados na internet, numa plataforma que funciona como um *WebSIG* que possui algumas funções do QGIS e é acessado pelo seguinte *link*: https://qgiscloud.com/BrunoPereiraCorreia/SIG_Imobili_rio/.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado obtido nesse trabalho são os arquivos vetoriais criados para representar os imóveis, cujas informações podem ser vistas de três formas diferentes.

Os arquivos no formato *shapefile* podem ser visualizados no computador utilizando qualquer *software* de SIG, como o QGIS, ArcGIS e SPRING. No entanto, é necessário que o usuário saiba utilizar tais programas para poder realizar as pesquisas, análises e exportar as informações. Por exemplo, quando o arquivo é aberto no *software* QGIS, só aparecem os pontos na interface, como mostra a Figura 6.

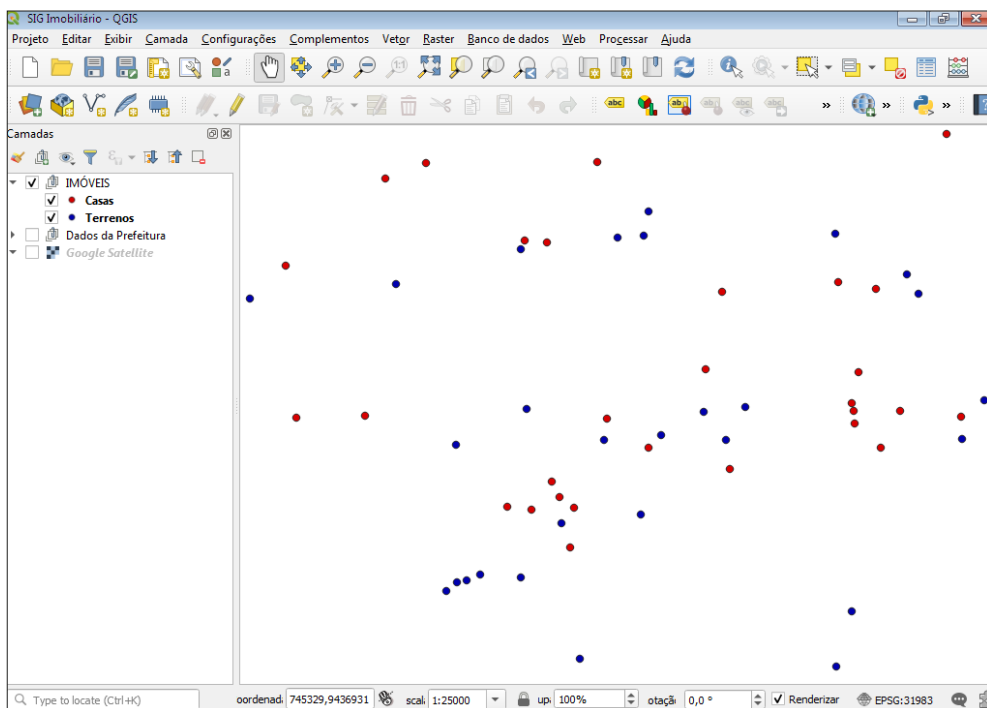



Figura 6 – Interface do QGIS somente com as camadas vetoriais dos imóveis ativadas

Assim, apesar de possuir o endereço na tabela de atributos, não é possível identificar onde o imóvel está situado espacialmente, dificultando a coleta os dados para compor as

amostras do serviço. Desse modo, para obter uma visualização da localização dos imóveis que compõem o banco de dados é necessário inserir um arquivo raster com imagens de satélites ou fotos de aerolevantamentos georreferenciadas ao sistema de referência SIRGAS 2000. Feito isso, é possível identificar o imóvel avaliando, selecionar os imóveis próximos que possuam características semelhantes e salvar as informações no formato XLSX ou CSV, para ser aberto e manipulado no *software Microsoft Excel*. A Figura 7 mostra a interface do QGIS.

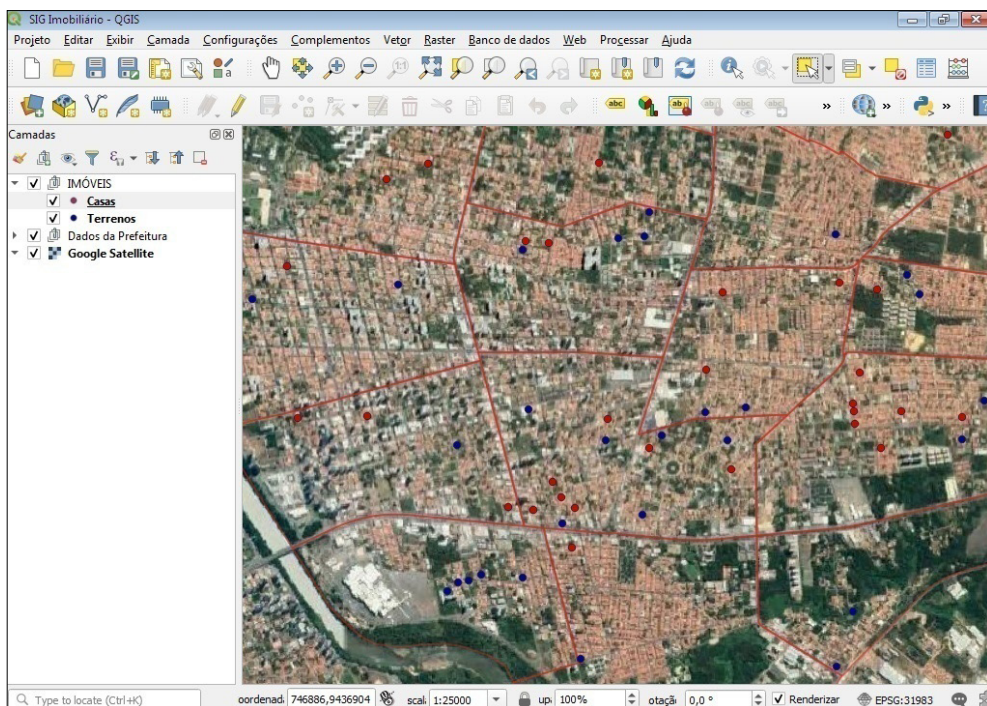



Figura 7 – Interface do QGIS com a camada raster inserida

Já os arquivos no formato KML podem ser abertos no *software Google Earth*. Como uma das funções desse programa é visualizar as imagens de satélite do servidor do *Google*, o profissional não precisa preocupar-se em inserir um arquivo raster para ter uma visão espacial do terreno. Assim, quando o arquivo é inserido no *software*, já é possível ver na interface a localização dos imóveis. Quando é clicado no ícone que representa os imóveis, é aberto um quadro com as informações sobre o mesmo, como mostra a Figura 8. Porém, é inviável exportar as informações do quadro em formato de texto, sendo necessário, caso o profissional queira, criar um arquivo próprio. Outras vantagens desse *software* são as camadas que mostram os estabelecimentos (comércios, escolas faculdades, entre outros) presentes na região onde o imóvel está localizado, nome de ruas e informações altimétricas.

Além disso, também é possível traçar rotas, caso o profissional queira visitar algum imóvel, e com a ferramenta *Street View* ter uma visão tridimensional da rua, onde é possível ver o tipo de calçamento da rua e a fachada do imóvel.

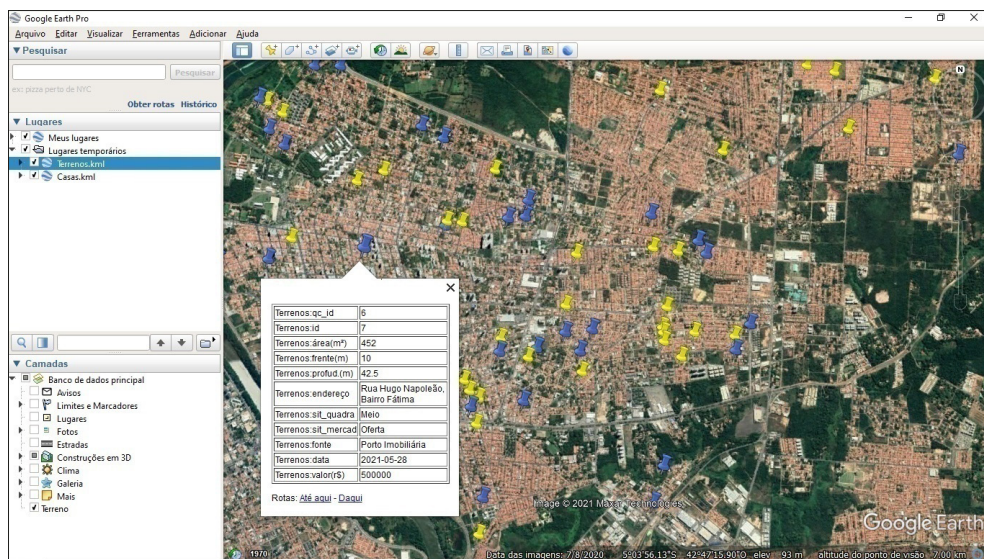



Figura 8 – Interface do *Google Earth*

Por fim, tem o *WebSIG* gerado pelo complemento *QGIS Cloud*, que precisa apenas que o usuário possua acesso à internet. Assim que o link é aberto no navegador, a interface já vem configurada igual à do QGIS, como mostra Figura 9. No entanto, seu funcionamento é semelhante ao do *Google Earth*, sendo possível apenas visualizar as informações dos imóveis.

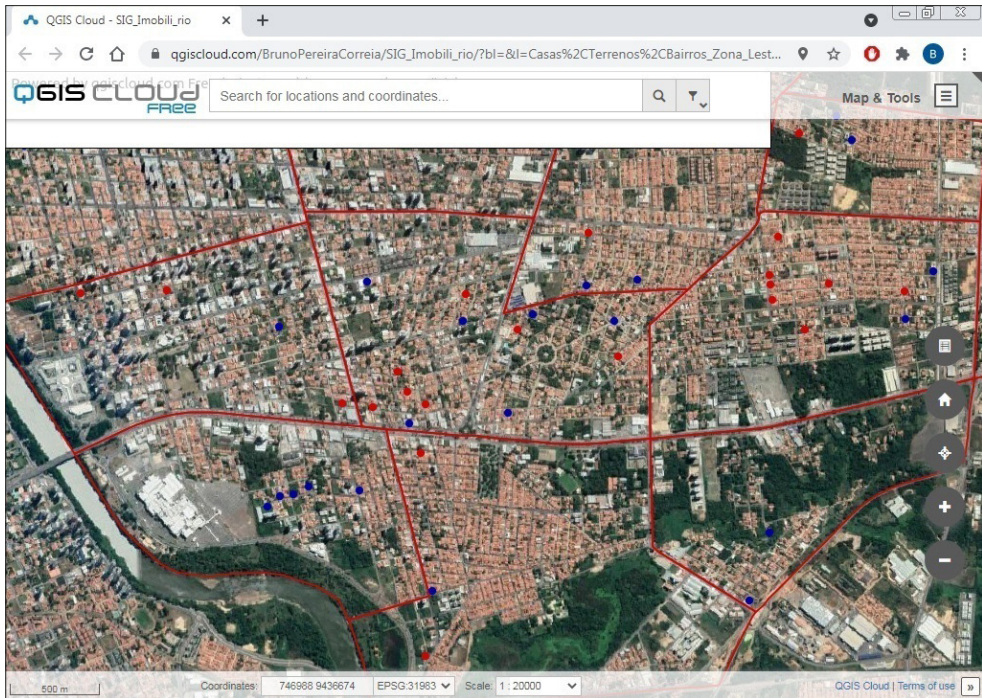



Figura 9 – Interface do *WebSIG*

CONCLUSÃO

Durante a coleta dos dados ficou evidente os problemas enfrentados pelos profissionais. Apesar de existir muitos imóveis em oferta nos sites de imobiliárias, os dados sobre eles estão incompletos, faltando informações como localização exata, área e medidas de frente e profundidade. Assim, é necessário entrar em contato com as fontes para completar os dados, tornando tal processo muito oneroso.

Porém, o SIG mostrou ser uma ótima ferramenta para armazenar os dados do mercado imobiliário e disponibilizá-los para o público. Desse modo, o objetivo de disponibilizar os dados para os profissionais é atingido, tendo como principal vantagem a redução do tempo gasto por eles para pesquisar e coletar as amostras. Assim, é possível que os profissionais realizem os serviços de avaliações em prazos menores, além de possuírem uma fonte confiável. Vale ressaltar que o SIG não substitui a visita no local, visto que existem informações que só podem ser coletadas presencialmente, bem como a necessidade de verificar a autenticidade das mesmas.

Além de consultas para a realização de avaliações, o SIG também possibilita que os profissionais e acadêmicos façam análises e estudos sobre o mercado imobiliário, mostrando as tendências e padrões de valorizações dos imóveis, bem como ajudando a resolver problemas referentes ao assunto.

Portanto, mesmo tendo resultados simples, esta pesquisa mostrou que o SIG é uma ótima ferramenta para armazenar os dados do mercado imobiliário, tornando-se uma ferramenta bastante útil para os profissionais, seja para coletar as amostras de referência que serão utilizadas nos serviços de avaliações de imóveis, ou para fazer análises sobre esse setor. Esse sistema tem potencial para ser útil em outros setores da sociedade que possuam interesse no mercado imobiliário, bem como expandir a área de estudo de uma zona para toda cidade e até mesmo ser replicado em outros municípios.

REFERÊNCIAS

180 GRAUS. **Mercado imobiliário de Teresina:** investimento de crescente valorização. 2015. Disponível em: <https://180graus.com/guia-de-imoveis/mercado-imobiliario-de-teresina-investimento-de-crescente-valorizacao>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-1:** Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de janeiro. 2001.

BARROS, O. N. F.; et al. Uma proposta para implantação do SIG na cidade de Londrina. **Geografia**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 211- 224, 2001.

BRAULIO, S. N. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de imóveis urbanos baseado em métodos estatísticos multivariados.** Curitiba: UFPR, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências).

CIDADE VERDE. **Zona Leste de Teresina ainda possui o mercado imobiliario supervalorizado**. 2013. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/150149/zona-leste-de-teresina-ainda-possui-o-mercado-imobiliario-supervalorizado>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

G1 PIAUÍ. **Preços dos imóveis em Teresina são comparados aos de grandes capitais**. 3013. Disponível em:<http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2013/02/preco-dos-imoveis-de-teresina-e-comparado-aos-das-grandes-capitais.html>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

MOREIRA, D. S.; et al. Engenharia de Avaliações de Imóveis apoiada em Técnicas de Análise Multicritério e Redes Neurais Artificiais. **Revista de Sistemas de Informações da FSMA**, n. 6, p. 49-58, 2010.

QGIS Development Team. **QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS**. 2021. Disponível em: https://www.qgis.org/en/site/about/index.html. Acesso em: 25 de maio de 2021.

SEMPLAN. **Mapas de Teresina**. 2020. Disponível em: https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-interativos/. Acesso em: 24 de maio de 2021.

SEMPLAN. **SAAD Leste**. 2018. Disponível em: https://semplan.pmt.pi.gov.br/sdu-leste/. Acesso em 22 de maio de 2021.

CAPÍTULO 9

EXPLOSÃO E FRAGMENTAÇÃO DA ROCHA DURANTE IMPACTO EM EVENTO DE QUEDA DE BLOCOS – O CASO BANQUETE / RJ

Data de aceite: 01/11/2022

Paulo Pinheiro Castanheira Neto
Professor, UERJ, Rio de Janeiro, Brasil

Armando Prestes de Menezes Filho
Professor, UERJ, Rio de Janeiro, Brasil

Rogério Luiz Feijó
Professor, UERJ, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO: O presente trabalho aborda evento de queda de blocos em Banquete, estado do Rio de Janeiro. Este caso consiste na queda de um grande bloco de rocha, massa estimada em 250 ton, que explodiu no instante do impacto sobre tálus arborizado, resultando na fragmentação da rocha em dimensões aleatórias e com trajetórias variadas, com atingimento de uma residência afastada 444m do talude de ocorrência por um fragmento de 2Kg da rocha. A análise do fenômeno consistiu no interessante processo de obtenção exata do perfil do talude, através da utilização do programa MeshLab, traduzindo graficamente a nuvem de pontos fornecida pela imagem captada por um drone, seguida de adaptações necessárias para possibilitar ajustes finos no Autocad 2019 e análise final do processo de queda pelo programa RocFall 6.0. Durante a investigação, constatou-se presença de bloco preteritamente quedado, que não explodiu após impacto com o tálus. A metodologia da pesquisa demonstrou que o tálus arborizado amorteceu o impacto do primeiro bloco e, consequentemente, apontou-o como principal agente catalizador da explosão do evento em análise, oferecendo dureza, ângulo de impacto e geometria imprescindíveis para a explosão tão devastadora. Energias semelhantes acumuladas na queda se desdobraram diferentemente nas restituições pós impacto em cada caso.

PALAVRAS-CHAVE: Mecânica das Rochas, Percolação de Água, Queda de Blocos, Fragmentação de Rochas, Explosão das Rochas.

ABSTRACT: The present work addresses a rock fall event in Banquete, state of Rio de Janeiro. This case consists of the fall of a large block of rock, mass estimated at 250 tons, which exploded at the instant of impact on wooded talus, resulting in the fragmentation of the rock in random dimensions and with varied trajectories, with achievement of a residence 444m away from the occurrence slope by a fragment of 2Kg of the rock. The analysis of the phenomenon consisted of the interesting process of accurate obtaining the slope profile, through the use of the MeshLab program, graphically translating the point cloud provided by the image captured by a drone, followed by adaptations necessary for enable fine adjustments in AutoCAD 2019 and final analysis of the fall process by the RocFall 6.0 program. During the investigation, it was found to be the presence of a preterely falling block, which did not explode after impact with the talus. The research methodology showed that the wooded talus dampened the impact of the first block and consequently pointed it as the main catalyst agent of the explosion of the event under analysis, offering hardness, angle of impact and geometry essential for such a devastating explosion. Similar

energies accumulated in the fall unfolded differently in post-impact restitution in each case.

KEYWORDS: Rock Mechanics, Water Percolation, Rock Falls, Rock Fragmentation, Rock Blasting.

1 I INTRODUÇÃO

Em Abril de 2018 uma denúncia reportada à SUBPERD – Secretaria de Prevenção e Erradicação de Riscos e Desastres do Governo do Estado do Rio de Janeiro - relatava a ocorrência de uma "chuva de pedras" durante a madrugada no Distrito de Banquete, Município de Bom Jardim.

Uma equipe de profissionais foi enviada ao local e a análise preliminar indicou evento de natureza Geológica-Geotécnica rara, sendo que investigações seguintes realizadas definiram como fonte da referida "chuva de pedras" uma queda de bloco ocorrida em um talude rochoso das proximidades.

O que chamou atenção nesta análise foi o fato de o referido talude distar aproximadamente 444m do ponto de impacto na casa mais prejudicada, atingida por um fragmento de 2Kg que caiu sobre a cobertura da cozinha.

O presente artigo busca confirmar a possibilidade do referido fragmento cumprir trajetória tão longa, originário da queda de bloco em análise e as condições para tanto.

2 I AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO EVENTO

2.1 Localização

Banquete é um Distrito do Município de Bom Jardim-RJ, com população estimada pelo IBGE de 27.269 habitantes, região serrana com altitude média de 574m e distante aproximadamente 20 Km de Nova Friburgo.

O evento do presente estudo ocorreu na região do maciço rochoso denominado popularmente por Pedra do Elefante, com coordenadas 759861E / 7546042S – Datum WGS84 23K, nas proximidades do Condomínio Santa Thereza.

2.2 Aspectos Geológico/Geotécnicos da Região

O CPRM - Serviço Geológico do Brasil, classifica a litologia do maciço como Hornblenda-biotita granitóide de granulação grossa e composição expandida de tonalítica a granítica, composição cálcio-alcalina ($N_{\gamma}2s$), extensão da composição rochosa do Planalto da Serra dos Órgãos com configuração serrana.

Hornblendas são minerais comuns em Rochas Ígneas e Metamórficas como os granitos, em que sua coloração escurece e a translucidez diminui a medida que o Minério de Ferro aumenta. Têm dureza entre 5 e 6 na escala de Mohs, o que significa dizer que dificilmente pode ser arranhada por material compátivel com a dureza de uma liga de aço,

sendo menos dura que o quartzo, com peso específico entre 2700 e 3400 Kg/m^3.

A geomorfologia da região, segundo o CPRM é definida como planalto residual, caracterizando-se como região de altas declividades e amplitudes sujeitas a ocorrência de processos de massa tais como deslizamentos, quedas e rolamentos de blocos e fluxos de detritos, pricipalmente nos períodos de chuvas intensas.

No local da ocorrência do evento, observa-se uma região de topografia acidentada, constituída por um corpo de tálus densamente arborizado em toda extensão do pé de um grande e imponente maciço rochoso, sendo que o corpo de tálus eleva-se aproximadamente 130m acima do Condomínio Santa Thereza e o maciço 180m acima deste tálus.

Percebem-se no maciço muitas descontinuidades, formação de lascas rochosas de várias espessuras, originadas por fraturas tectónicas, juntas de alívio e fadiga de rocha por variação térmica, além de ocorrência de surgência de água proveniente de processos de infiltração e percolação.

A menor distância entre o maciço e o condomínio é 350m, considerando-se o menor raio de alcance, já que o condomínio se encontra posicionado diagonalmente em relação a face do talude, possibilitando trajetórias com ângulos e raios distintos atingir o condomínio. Como maior distância estima-se 450m.

O processo dinâmico de evolução do maciço causou a formação da espessa camada de tálus, em atividade, devido a queda de lascas rochosas de espessuras e volumes variados, atingindo dimensões métricas.

2.3 Aspectos Climáticos da Região

A região se caracteriza por clima tropical mesotérmico úmido, considerável volume de chuvas no verão e inverno mais seco, com pluviosidade média anual de 1536mm. A temperatura média é 20,1 °C, atingindo médias de 18ºC no inverno e 27ºC no verão. Existe uma diferença de 248 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso, conforme a Figura 28. Ao longo do ano as temperaturas médias variam 6,6 °C.

2.4 Aspectos Sociais/Segurança Pública

Em 2015 foi entregue à população o condomínio Granja Santa Thereza, construído pelo Governo do Estado do Rio, como parte das ações de reconstrução da Região Serrana atingida em 2011 por evento pluviométrico catastrófico que deixou centenas de desabrigados em função de deslizamento de terra avassalador.

A escolha da área de Banquete foi precedida de uma avaliação geológica/geotécnica elaborada pelo DRM/RJ, a qual delimitou a área de interese e determinou algumas recomendações que foram seguidas para a execução do condomínio, porém não havia indicação de risco geológico/geotécnico.

2.5 Descrição do Fenômeno

A formação de lascas e blocos individualizados no maciço rochoso, decorrentes de

fraturas tectônicas, alívio de tensão e fadiga da rocha (variação térmica), condicionam o deslizamento e queda destas lascas como um processo natural que faz parte da evolução do relevo.

O laudo técnico apresentado pela equipe de vistoria indica o desprendimento e queda de uma lasca rochosa de 200T a 300T, a partir de uma altura maior que 100m com contribuição da morforlogia da face rochosa (sã, lisa, sub-vertical), associada a existência de quebra do relevo a cerca de 10 m a jusante da lasca (passando de 90º para em torno de 60º), propiciando ao seu movimento um efeito "tobogã", rotacionando seu eixo e deslizando sua parte mais esbelta praticamente perpendicular ao maciço. O impacto extremamente energético se deu com suas duas maiores dimensões paralelas à superfície (similar a um mergulho de barriga em uma piscina) sobre outro bloco de rocha, já deslizado em épocas pretéritas, com uma energia muito grande.

As Figura 1, 2 e 3 apresentam a perspectiva geral da área, descontinuidades presentes na face do maciço, identificando intemperismo e percolação de água e o platô de devastação resultante, respectivamente.

Figura 1 - Pespectiva geral da área e o local exato da queda do fragmento de rocha que causou dano a residência. (Relatótio Inspeção SUBPERD, 2018)

Figura 2 - Detalhe da formação das lascas no processo de evolução natural do relevo e local exato do remanescente do maciço após o desprendimento do bloco de rocha. (Relatótio Inspeção SUBPERD, 2018)

Figura 3 - Área remanescente no local do impacto da lasca com o bloco já existente na base do talude rochoso e detalhamento da fragmentação do bloco (Relatótio Inspeção SUBPERD, 2018)

A Figura 4 descreve a linha de explicação sugerida para o fenômeno.

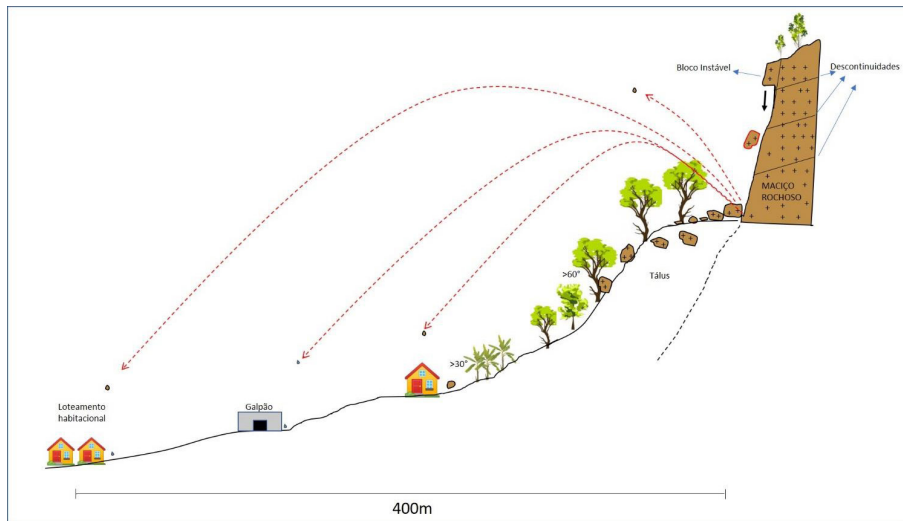



Figura 4 - Croquis esquemático da situação. (Relatório Inspeção SUBPERD, 2018)

2.6 Modelagem dos Perfis de Queda para Análise no RocFall

A fim de se obter uma conclusão confiável, buscou-se o perfil exato do talude, o que foi possível através de muita pesquisa, empirismo e ajustes desde a leitura da nuvem de pontos fornecida pela imagem captada pelo drone através do programa MeshLab, passando pela conversão de arquivos, ajuste de curvas no AutoCad 2019 e inúmeras rodadas de análise no RocFall v6.

Constatou-se que a distância entre o pé do talude e o ponto de impacto no telhado era de 444m, resultando em distância horizontal de 430m e duas seções de análise foram escolhidas, uma sobre o platô de devastação, sem matacão e a outra sobre o matacão pré existente.

Duas seções de análise foram escolhidas, a primeira sobre o platô de devastação após a explosão, sem matacão e a segunda sobre o matacão pré existente, conforme Figura 5.

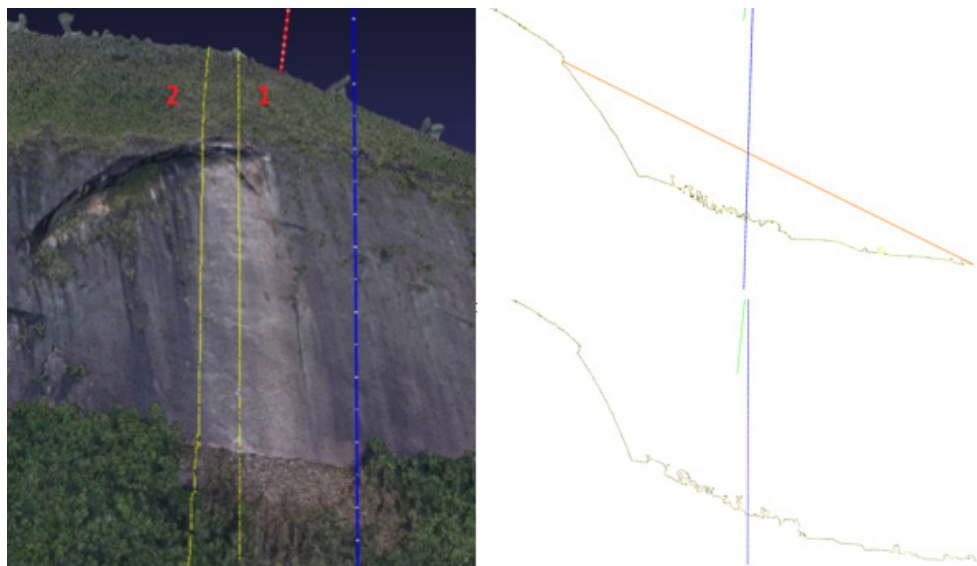



Figura 5 – Seções selecionadas à esquerda e perfis resultantes do programa MeshLab à direita: Acima seção sem matacão pré existente e abaixo com matacão. (Relatório Inspeção SUBPERD, 2018)

3 I A ANÁLISE DO FENÔMENO ATRAVÉS DO ROCFALL V.6

O programa RocFall não avalia a fragmentação do bloco, o que representou uma limitação, que foi contornada através da divisão do evento em duas etapas, a queda de blocos, propriamente dita e o lançamento do fragmento de 2Kg a partir do ponto de impacto.

3.1 A 1ª Etapa - A queda do bloco

A fim de melhor compreender o evento, buscou-se alterar as condições de contorno nas duas seções propostas, primeiramente considerou-se a seção sem matacão, alterando a superfície de impacto entre Tálus, Floresta e Floresta seguida de rocha.

Dentre outras análises, o programa RocFall fornece Energia Cinética Total; Energia Translacional Total e Energia Rotacional Total.

O mesmo trabalho foi desenvolvido através da seção com matacão, porém durante a pesquisa, percebeu-se que a maioria dos blocos caiam antes da posição do matacão pré existente e uma análise minunciosa das imagens auxiliou a comprovação de que o matacão existente foi arrastado após o impacto, o que pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Lastro de arraste do matacão após o impacto. Detalhe da quina superior do tardoz. (Castanheira Neto, 2019)

Para resolver estas inconsistências, uma nova seção foi elaborada, recuando o matacão. Outras questões importantes eram variar a seção dos blocos e analizar as velocidades do bloco no impacto e após o impacto, considerando componentes rotacional e translacional, o que objetivou os seguintes critérios para modelagem.

O perfil sem matacão foi rodado com bloco de seção elipsoidal e superfícies de impacto compostas por rocha, tálus e floresta seguida de rocha.

O perfil com matacão foi rodado com bloco de seção elipsoidal e superfícies de impacto tálus antes e depois do matacão e floresta antes e depois do matacão; depois seções quadrada e circular contra superfície de impacto floresta antes e depois do matacão.

Essa mesma análise foi realizada com o perfil com o matacão recuado, reduzindo a distância do mesmo para a face do talude. Em valores comparativos foi reduzido o comprimento do matacão propriamente dito.

Os resultados de energia cinética para o perfil sem matacão, ou seja, com impacto diretamente sobre o platô composto tálus arborizado seguido de rocha indicaram uma queda de 95% na Energia Cinética Total Máxima na restituição.

No caso do platô com matacão, observou-se um acréscimo de 23% na Energia Cinética Total Máxima na restituição.

No caso do platô com matacão recuado, o acréscimo na Energia Cinética Total Máxima na restituição foi de 7,3%.

A variação dos perfis e condições de impacto garantiu um acréscimo mínimo de 12,3% na Energia Cinética Total após a restituição, chegando a 28% no caso mais expressivo.

Os gráficos de Energia Cinética Total estão esboçados na Figura 7 e demonstram o evidente ganho relativo de energia total na restituição quando se considera a presença do matacão.

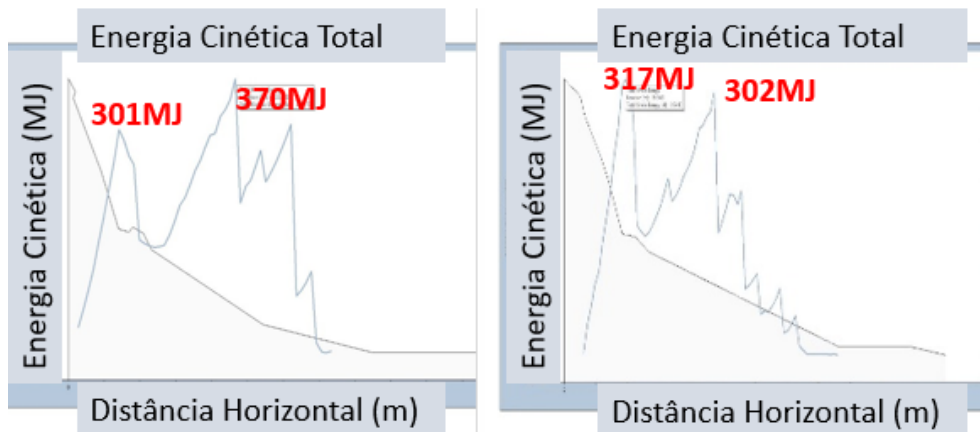



Figura 7: Gráficos Energia Cinética Total com matacão e platô sem matacão, superfície tálus arborizado com rocha na ponta. O Evidente ganho de Energia na Restituição. (Castanheira Neto, 2019)

A proposta de recuar o matacão, não causou aumento de energia na restituição em função de que, ao ser recuado, diminuiu-se a altura de queda e perde-se componente de energia potencial, além da alteração da componente do ângulo de impacto, o que pode ser percebido nas análises da variação da velocidade de rotação entre o impacto e o pico na restituição em cada modelo.

Segundo De Blasio (2011), a energia de 100J/Kg é suficiente para fragmentar um bloco de rochas em pedaços e para energias muito maiores, da ordem de MJ, o bloco de origem se desintegra numa quantidade imensa e indeterminada de blocos, incluindo material pulverulento.

Considerando o valor 300.996,00KJ, ou 301MJ, para um bloco de 250ton, resulta a relação 1.203,98 J/KG no momento de impacto.

Considerando apenas a resposta do programa, referente ao choque de bloco com 301MJ de intensidade, observa-se que se enquadra perfeitamente na teoria proposta por De Blasio (2011).

Conclui-se, neste experimento, entretanto, que apenas a energia envolvida no impacto não é suficiente para fragmentar o bloco, haja vista existir um bloco preteritamente quedado que não sofreu explosão ou fragmentação a nivel pulverulento.

Se ocorre o ganho de energia adicional após impacto nessas proporções, em função da presença da rocha com sua dureza e inclinação, mais favorável é para o fenômeno do *Rock Blasting*.

3.2 A 2ª Etapa – O Lançamento do Fragmento

Desenvolveu-se um modelo mais preciso a jusante para esta etapa, de forma a indicar de forma mais precisa a posição do condomínio e confirmar a possibilidade de atingimento do fragmento. Apesar de ter resultado em menor energia na restituição, utilizaremos a

posição de lançamento como a do matacão recuado, haja vista termos indicios claros de que o mesmo foi arrastado após o impacto.

A primeira hipótese testada foi a resultante de um bloco elíptico chocando-se com o matacão recuado e sendo lançado da posição 79,00 com velocidade translacional de impacto 48,83m/s e rotacional após impacto 9,20rad/s.

A fim de se encontrar o maior alcance do bloco, variou-se o ângulo considerando desde componente horizontal pura até componente vertical pura, a fim de encontrar o maior alcance do bloco. As componentes horizontal e vertical se tornam 42,29 m/s e 24,42 m/s, sendo o melhor ângulo de lançamento 30º com o eixo horizontal. Nessas condições, o fragmento atinge o telhado após primeiro impacto e posterior salto.

Experimentou-se aumentar a velocidade de impacto e a velocidade rotacional em 7,5%, que é a mesma relação das energias 323MJ/301MJ, obtidas na modelagem do matacão recuado. A velocidade translacional passa para 52,49m/s e a velocidade rotacional para 9,89 rad/s. As componentes horizontal e vertical da velocidade translacional passam a ser, respectivamente, 45,45 e 26,25m/s com a mesma angulação de 30º com a horizontal. Nesta configuração, a residência foi atingida diretamente no ponto estudado, conforme Figura 8.

4 I CONCLUSÕES

O artigo confirma a possibilidade do fragmento de 2Kg proveniente da fragmentação do bloco quedado atingir a distância sugerida de 440m, porém necessita que algumas condições e fatores estejam ajustados.

A constatação de que a energia envolvida na queda de grandes blocos não é o único fator preponderante para a fragmentação e explosão do bloco no impacto, o *Rock Blasting,* é a principal conclusão deste artigo.

Pode-se comparar dois casos envolvendo energias de impacto semelhantes e suficientes para a fragmentação e pulverização do bloco, conforme proposto por De Blasio (2011), com resultados diferentes, o que se pode relacionar a dois fatores principais: Dureza das superfícies de contato e Ângulo de impacto.

Neste caso específico deve-se também considerar como fator preponderante a quina superior no tardoz do matacão pré existente, concentrando as tensões resultantes do impacto em uma área limitada do bloco em queda , resultando em quebra da seção menos profunda do bloco esbelto e disseminando a fragmentação e pulverização através das trincas, juntas e pontos de fraquezas existentes. A abrupta elevação da energia rotacional logo após o impacto, podendo até quadruplicar o valor, contribui imensamente para o caos interno, resultando em separação das ligações já fragilizadas e lançamento dos fragmentos em sentidos aleatórios.

AGRADECIMENTOS

A UERJ, pelo ensino público de qualidade. A meus orientadores, Professores Armando Prestes de Menezes Filho e Rogério Luiz Feijó, pelos conhecimentos compartilhados. À Professora Ana Cristina Sieira, pelas sempre importantes ponderações.

REFERÊNCIAS

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: < URL: https://www.cprm.gov.br>. 2019

CASTANHEIRA NETO, P. P.. Análise de evento de queda de bloco seguido de explosão da rocha no distrito de Banquete, Bom Jardim – RJ. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 154p., 2019.

DE BLASIO, F. V.; Introduction to the Physics of Landslides. Lecture Notes. Springer Science, 408p., 2011

SEOBRAS / SUBPERD. Relatório Técnico do Acidente em Banquete, Bom Jardim. Rio de Janeiro, 2018.

CAPÍTULO 10

INFLUÊNCIA DE ONDAS SÍSMICAS GERADAS POR DESMONTES DE ROCHA EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO

Data de aceite: 01/11/2022

Sebastião Longino. Silva
Pós-graduando, Instituto Minere, Belo Horizonte, Brasil

Márcio Fernandes Leão
Orientador, IBMEC-BH, Belo Horizonte, Brasil

RESUMO: Embora quase todo o território brasileiro esteja localizado em áreas com baixa sismicidade, obras importantes que de alguma forma podem afetar vidas humanas, melhorias e / ou meio ambiente, precisam determinar qual é a ameaça sísmica de sua área de localização, como uma forma de projetar estruturas capazes de suportar as tensões impostas pelas vibrações causadas pelos terremotos. O presente trabalho tem como objetivo verificar a influência das vibrações no desmonte a explosivos próximo a uma comunidade. Inicialmente, os dados foram coletados em uma mineradora por meio de monitoramento em diferentes pontos. Em seguida, os acelerogramas produzidos foram analisados a fim de avaliar o impacto das exigências atuais das normas brasileiras em vigor para esse fim, considerando as condições geológicas e geotécnicas do local em questão. Espera-se que os resultados ajudem na estabilidade das estruturas existentes em regiões de clima tropical, como o Brasil, ou seja, em regiões consideradas de baixa sismicidade e com poucos estudos relacionados ao assunto. Assim, este artigo pretende contribuir secundariamente com estudos de risco sísmico não só em barragens, como também em outras estruturas mineiras, de forma a prevenir catástrofes derivadas desta natureza.

PALAVRAS-CHAVE: Desmonte, barragem, sismografia.

INFLUENCE OF SEISMIC WAVES GENERATED BY ROCK DISASSEMBLY IN MINING DAM

ABSTRACT: Although almost the entire Brazilian territory is located in areas with low seismicity, important works that can somehow affect human lives, improvements and/or the environment, need to determine what is the seismic threat of their location area, as a way of projecting structures capable of withstanding the stresses imposed by vibrations caused by earthquakes. The present work aims to verify the influence of vibrations on blasting explosives close to a community. Initially, data were collected at a mining company through monitoring at different points. Then, the accelerograms produced were analyzed in order to assess the impact of the current requirements of the Brazilian standards in force for this purpose, considering the geological and geotechnical conditions of the location in question. It is expected that the results will help in the stability of existing structures in regions with a tropical climate, such as Brazil, that is, in regions considered to have low seismicity and with few studies related to the subject. Thus, this article intends to contribute secondarily with seismic risk studies not only in dams, but also in other mining structures, in order to prevent catastrophes arising from this nature.

KEYWORDS: Disassembly, dam, seismography.

1 I INTRODUÇÃO

Em atividades de desmonte do maciço rochoso pelo uso de explosivos, busca relacionar a tensão de ruptura por tração com a tensão induzida de compressão no maciço rochoso. Para que seja desencadeada a fragmentação, desprendimento ou mesmo o desmonte, é fundamental que a tensão de ruptura da rocha seja vencida. O processo de detonação, a partir de uma carga explosiva no interior de um furo previamente aberto, induz alterações em determinado volume do maciço adjacente a esse furo. A compreensão do mecanismo de rotura da rocha permite, pelo seu conhecimento, potenciar o efeito da ação do explosivo e simultaneamente ajustar os parâmetros do diagrama de fogo ao objetivo granulométrico adequado à execução da obra (Silva, 2014). A existência de uma onda de choque de elevada temperatura, associada à expansão dos gases da explosão libertados a elevadas pressões, cria no maciço rochoso um campo de tensões que vão originar o fraturamento ou aproveitar outras descontinuidades já existentes para o enfraquecer provocando o seu desmonte (Esteves, 1993). A ruptura ocorre no maciço rochoso quando a tensão induzida pela onda de choque e pela expansão de gases ultrapassa inicialmente a resistência à compressão, provocando por pulverização o aumento do diâmetro do furo e induzindo a criação de fendas. Posteriormente, ultrapassando a resistência à tracção da rocha, provoca a sua ruptura e fragmentação (López Jimeno et al., 1991; 1995; Gomes et al., 2008).

O presente trabalho teve por objetivo verificar a influência de vibrações de desmontes a explosivos próximo a estruturas, que podem ser prédios residenciais/industriais ou estruturas particulares, como barragem de água ou rejeitos. Barragens são caracterizadas como elementos estruturais, construídas de maneira transversal à direção de escoamento de um curso d’água, criando-se um reservatório artificial de acumulação de água ou rejeitos de mineração. As informações obtidas são discutidas a partir de norma brasileira e internacional. O caso em estudo contempla a área de extração de gnaisse para fabricação de brita da Empresa de Mineração Estrela Ltda, localizada no bairro Tribobó em São Gonçalo – RJ, a 33 quilômetros do centro da cidade do Rio de Janeiro. Essa área está inserida em um núcleo urbano organizado onde existe toda infraestrutura necessária às habitações, conforme apresentado na figura 1.

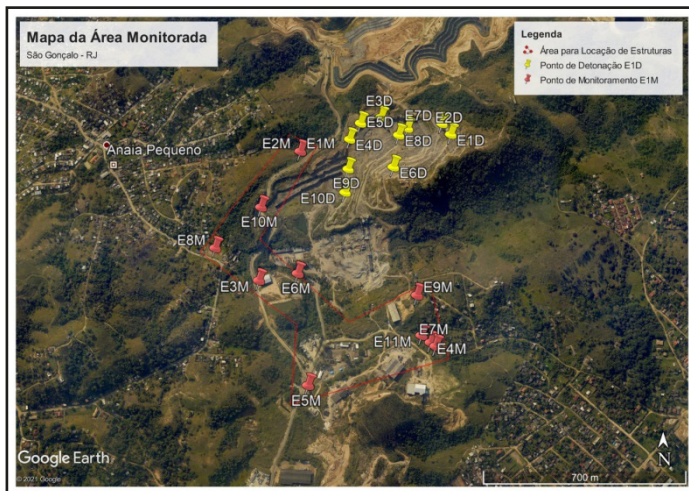



Figura 1. Localização da área em estudo.

2 I METODOLOGIA

- **Monitoramento Sismográfico**

Ao longo dos anos 2017 e 2018 foram realizadas 11 medições sismográficas de desmontes a explosivos na área em estudo. Os desmontes foram executados em frentes de lavra distintas e efetuado a captação das ondas sísmicas em pontos distintos no entorno da mineração próximos a comunidade Tribobó. Esses monitoramentos estão identificados como eventos de desmontes (E1D) e eventos de monitoramentos (E1M) relacionados na tabela 1.

Dados dos Monitoramentos						
Data	Ponto do Desmonte			Ponto de Monitoramento		
	Evento	Latitude	Longitude	Evento	Latitude	Longitude
10/07/2017	E1D	22°51’43,70”	42°59’02,10”	E1M	22°51’45,20”	42°59’20,80”
26/09/2017	E2D	22°51’43,70”	42°59’02,10”	E2M	22°51’45,20”	42°59’20,80”
01/11/2017	E3D	22°51’41,20”	42°59’10,60”	E3M	22°52’01,00”	42°59’25,90”
07/12/2017	E4D	22°51’43,70”	42°59’14,60”	E4M	22°52’07,20”	42°59’04,80”
20/12/2017	E5D	22°51’41,90”	42°59’13,20”	E5M	22°52’11,90”	42°59’19,70”
03/01/2018	E6D	22°51’47,40”	42°59’09,20”	E6M	22°51’59,30”	42°59’21,10”
20/02/2018	E7D	22°51’42,30”	42°59’03,10”	E7M	22°52’07,60”	42°59’04,20”
09/03/2018	E8D	22°51’43,30”	42°59’08,40”	E8M	22°51’56,30”	42°59’31,50”
13/04/2018	E9D	22°51’47,10”	42°59’14,80”	E9M	22°52’01,90”	42°59’06,40”

18/05/2018	E10D	22°51’49,90”	42°59’15,20”	E10M	22°51’51,70”	42°59’25,70”
04/12/2018	E11D	22°51’42,50”	42°59’07,30”	E11M	22°52’06,40”	42°59’05,90”

Tabela 1. Identificação dos eventos.

Nos desmontes, foram utilizadas cargas de emulsão explosiva distribuídas nos furos conforme plano de fogo específico e padronizado da mineradora, mantendo carga por espera entre 60 e 125 Kg e tempo entre esperas de 9 a 25 milissegundos.

O monitoramento da vibração e da pressão acústica geradas na operação de desmonte de rocha, com a utilização de explosivos e acessórios, realizado no empreendimento, foi efetuado com a utilização de sismógrafo de engenharia, modelo 3.000EZ+ da marca Geosonics (figura 2), possuindo as seguintes características: equipamento digital, com corpo receptor que capta, processa e registra os sinais recebidos, contendo um geofone externo com três canais de registro sísmicos dispostos tri-ortogonalmente; e um microfone para registro de sobrepressão atmosférica. O seu transdutor de velocidade tem resposta de frequência de 4 Hz a 125 Hz e realiza medição de intensidade de velocidade de vibração de partícula no intervalo de 0,5 a 100 mm/s.

Figura 2. Posicionamento do sismógrafo nos monitoramentos.

Para cada evento, foram gerados pelo equipamento, relatórios para atender às normas DIN 4150 (figura 3) e ABNT NBR 9653- 2018 (figura 4).

SN: 28047
Date: 20.12.2017
Event: 56
Client: ESTRELA
Operation: DESMONTE
Location: SAO GONCALO
Distance: 0,
Operator: GENERAL MINE
Comment: BANCADA
Trigger Level: 0,25 mm/s
82 db

Velocity Waveform Graph Scale:
Time = 0,100 s
Seismic = +/- 0,16 mm/s
Sound = +/- 2,3 Pa

Summary Data

	L	T
PPV (mm/s)	0,19	0,19
PD (.01mm)	0,13	0,13
PPA (g)	0,026	0,020
FREQ (Hz)	125,0	20,0
Resultant PPV:		0,44 (mm
Peak Air Pressure:		86 db
		0,9 Pa

Additional Info:

ISO Chart (per DIN 4150)
Longitudinal
Transverse
Vertical
Line 1
Line 2
Line 3
Frequency (Hz)
Line 1 - Industrial Structures
Line 2 - Residential Structures
Line 3 - Vibration Sensitive Structures

SN: 28047 v5.21 Event: 56

Velocity Waveform

Figura 3. Sismograma conforme DIN 4150.

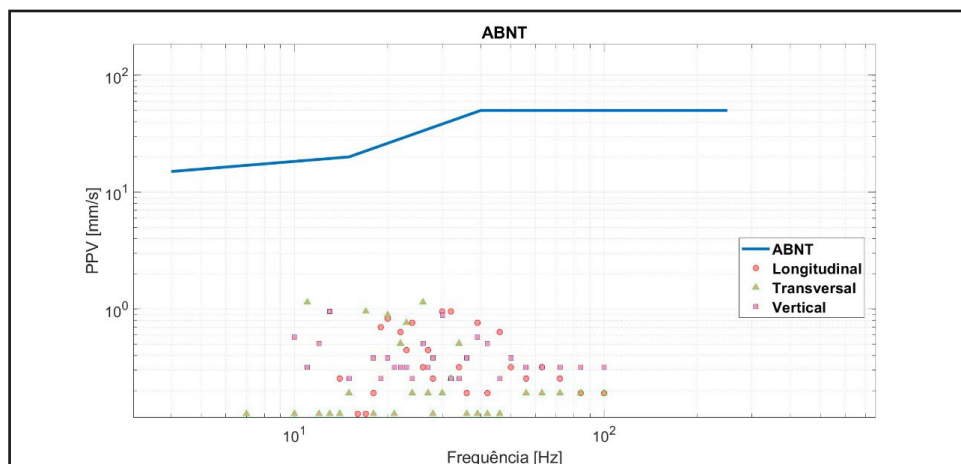



Figura 4. Sismograma conforme ABNT NBR 9653.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise e interpretação, os dados compilados dos relatórios foram dispostos na tabela 2 e tabela 3.

Resultados dos Monitoramentos Sismográficos						
Data do evento	10/07/2017	26/09/2017	01/11/2017	07/12/2017	20/12/2017	03/01/2018
Hora da medição	12:45	12:34	13:37	12:09	12:45	13:14
Local da detonação (Datum WGS84) Latitude	22° 51' 43,7"	22° 51' 43,3"	22° 51' 41,2"	22° 51' 43,7"	22° 51' 41,9"	22° 51' 47,4"
Longitude	42° 59' 02,1"	42° 59' 08,4"	42° 59' 10,6"	42° 59' 14,6"	42° 59' 13,2"	42° 59' 09,2"
Ponto de monitoramento (Datum WGS84) Latitude	22° 51' 45,2"	22° 51' 45,2"	22° 52' 01,0"	22° 52' 07,2"	22° 52' 11,9"	22° 51' 59,3"
Longitude	42° 59' 20,8"	42° 59' 20,8"	42° 59' 25,9"	42° 59' 04,8"	42° 59' 19,7"	42° 59' 21,1"
Distância entre monitoramento e detonação (m)	648,39	532,63	744,00	775,00	935,00	503,00
Valor de pico da velocidade de partícula em L (mm/s)	0,64	2,67	0,25	0,19	0,19	0,95
Valor d e pico da velocidade de partícula em T (mm/s)	0,70	1,52	0,19	0,19	0,19	1,14
Valor de pico da velocidade de partícula em V (mm/s)	0,57	3,05	0,32	0,32	0,38	0,95
Valor de pico da aceleração de partícula em L (g)	0,026	0,059	0,033	0,026	0,026	0,033
Valor de pico da aceleração de partícula em T (g)	0,020	0,039	0,020	0,026	0,020	0,026
Valor de pico da aceleração de partícula em V (g)	0,046	0,091	0,039	0,039	0,046	0,039
Valor de Pico do deslocamento de partícula em L (.01mm)	0,93	1,84	0,15	0,17	0,13	0,72
Valor de Pico do deslocamento de partícula em T (.01mm)	0,83	0,97	0,20	0,08	0,13	0.97
Valor de Pico do deslocamento de partícula em V (.01mm)	0,44	1,94	0,20	0,23	0,25	0,79
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em L (Hz)	16,7	25,0	62,5	55,6	125,0	31,3
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em T(Hz)	18,5	31,3	35,7	21,7	20,0	10,4
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em V (Hz)	17,9	26,3	55,6	55,6	55,6	12,8
Resultante de pico da veloc. de vibração de partícula(mm/s)	0,89	3,24	0,38	0,38	0,44	1,33
Pressão acústica linear (dB(L)	119,00	129,00	101,00	84,00	86,00	125,00

Tabela 2. Compilação de dados dos desmontes julho/2017 a janeiro/2018.

Resultados dos Monitoramentos Sismográficos					
Data do evento	20/02/2018	09/03/2018	13/04/2018	18/05/2018	04/12/2018
Hora da medição	13:14	12:10	12:11	11:59	12:05
Local da detonação (Datum WGS84) Latitude	22° 51' 42,3"	22° 51' 43,3"	22° 51' 47,1"	22° 51' 49,9"	22° 51' 42,5"
Longitude	42° 59' 03,1"	42° 59' 08,4"	42° 59' 14,8"	42° 59' 15,2"	42° 59' 07,3"
Ponto de monitoramento (Datum WGS84) Latitude	22° 52' 07,6"	22° 51' 56,3"	22° 52' 01,9"	22° 51' 51,7"	22° 52' 06,2"
Longitude	42° 59' 04,2"	42° 59' 31,5"	42° 59' 06,4"	42° 59' 25,7"	42° 59' 05,9"
Distância entre monitoramento e detonação (m)	776,00	772,00	515,00	303,00	739,00
Valor de pico da velocidade de partícula em L (mm/s)	0,57	0,76	0,64	0,25	1,14
Valor de pico da velocidade de partícula em T (mm/s)	0,51	0,83	0,57	0,19	1,14
Valor de pico da velocidade de partícula em V (mm/s)	0,44	0,51	0,76	0,32	0,76
Valor de pico da aceleração de partícula em L (g)	0,026	0,046	0,104	0,033	0,039
Valor de pico da aceleração de partícula em T (g)	0,020	0,052	0,104	0,026	0,052
Valor de pico da aceleração de partícula em V (g)	0,390	0,039	0,124	0,039	0,046
Valor de Pico do deslocamento de partícula em L (.01mm)	0,46	0,72	0,17	0,13	1,09
Valor de Pico do deslocamento de partícula em T (.01mm)	0,46	0,52	0,24	0,20	1,08
Valor de Pico do deslocamento de partícula em V (.01mm)	0,30	0,43	0,19	0,19	0,76
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em L (Hz)	22,7	23,8	250	250	35,7
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em T(Hz)	20,8	19,2	250	55,6	20,8
Valor da frequência associada ao pico da veloc. em V (Hz)	20	55,6	250	55,6	15,6
Resultante de pico da veloc. de vibração de partícula(mm/s)	0,76	1,14	1,14	0,44	1,52
Pressão acústica linear (dB(L)	111,00	127,00	86,00	100,00	113,00

Tabela 3. Compilação de dados dos desmontes de fevereiro/2018 a dezembro/2018.

Deve-se considerar que os riscos de ocorrência de danos induzidos por vibrações no terreno devem ser avaliados levando-se em consideração a magnitude e frequência de vibração de partícula. A energia liberada pela detonação de explosivos, transmitida ao maciço e não absorvida na fragmentação e lançamento de sua parcela sujeita ao desmonte provoca perturbações que manifestam pela movimentação de suas partículas em torno de sua posição de equilíbrio. Essa movimentação de partículas é transmitida àquelas situadas em seu entorno sucessivamente, causando a propagação da onda no maciço. Manifesta-se como ondas compressivas às quais seguem ondas secundárias ou cisalhantes; a interação em interfaces com o ar gera ondas sísmicas. A propagação das ondas sísmicas é afetada na intensidade pela energia liberada na fonte, distância percorrida característica do meio, tipo de onda, frequência, ângulo de incidência, com interfaces entre meios distintos, e descontinuidades existentes. Vibrações são decorrentes das respostas do maciço às perturbações e quantificadas através do deslocamento, aceleração e velocidade da partícula.

Analisando os resultados obtidos nos monitoramentos e comparando com valores previstos nas normas ABNT NBR 9653 - 2018 e DIN 4150, conclui-se que os desmontes realizados na Pedreira, com os planos de fogo aplicados, não geram velocidades de pico de vibração de partícula que possam causar danos a quaisquer tipos de estrutura dentro da área destacada na Figura 1.

Observa-se que os valores de resultante de pico obtidas nos 11 eventos (tabela 2), variaram de 0,38mm/s com frequência de 62,5 Hz a 3,24mm/s com frequência de 31,3 Hz. Sendo que todos estão abaixo dos valores indicados para referência, linha 3 conforme a norma DIN 4150, que é a faixa de estruturas mais sensível a vibrações e abaixo também da norma brasileira, vide figuras 3 e 4.

É importante ressaltar que a norma nacional não faz referência ao tipo de estrutura monitorada, como a norma alemã, que antes da definição dos valores máximos de vibração de partícula, dividem e classificam os tipos de estruturas sendo mais conservadora quanto a magnitude da velocidade de pico de partícula e frequência.

4 | CONCLUSÕES

Nos eventos monitorados os valores de velocidade de pico de partícula estão dentro da faixa de frequência estabelecida pela NBR-9653 e DIN 4150, portanto, considera-se, que não existe a possibilidade de ocorrência de danos às estruturas que venham a ser construídas dentro da área em destaque. Assim, é possível agregar o conhecimento internacional acerca das vibrações em estruturas internacionais às práticas brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Ao Rafael Halfeld, eng. da Empresa de Mineração Estrela pela disponibilização dos

dados; ao meu orientador Prof Márcio Leão, pelas orientações e correções deste trabalho; Aos meus filhos que me ajudaram nessa tarefa e especialmente a minha saudosa esposa Eneida, que sempre me incentivou.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Norma técnicas. NBR 9653. Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. 2018. Rio de Janeiro, RJ, 16 p..

Deustsche Norm DIN 4150 3 Structural vibration in buildings – effects on structures. 1986

Esteves J.M., 1993. Controlo de vibrações provocadas por explosões na indústria da construção. LNEC, Lisboa. 108 pp.

Gomes L., Galiza A. & Vieira A., 2008. Desmonte de Maciços Rochosos I - Versão 2007/2008. ISEP, Porto, pp. 167. (Texto não publicado).

López Jimeno, C., López Jimeno, E., Manglano Alonso, S., Toledo Santos, J.M., 1991. Manual de Arranque, Carga y Transporte en Mineria a Cielo Abierto. Cartografia Madrid, S.A., pp. 139-162.

López Jimeno C., López Jimeno E. & Carcedo F.J.A., 1995. Drilling and blasting of rocks. A.A. Balkema, Taylor & Francis Group, Rotterdam, 400 pp.

Silva, D.J.M. Cartografia de zonamento geotécnico no apoio ao planeamento e valorização da exploração do georrecurso: o caso do maciço rochoso da Curviã (Joane). ISEP, 133pp., 2014.

CAPÍTULO 11

UM BREVE HISTÓRICO DE EPISÓDIOS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE DRENAGEM URBANA

Data de aceite: 01/11/2022

Fernanda Figueiredo Braga

RESUMO: A cidade do Rio de janeiro já possuía áreas naturalmente suscetíveis a inundações, antes mesmo de sua ocupação pelos colonizadores portugueses. Esse problema foi agravado pelo adensamento urbano do núcleo inicial de ocupação da cidade, dando forma a seu atual centro, objeto do levantamento do presente artigo. As políticas públicas de drenagem urbana, não obstante, acompanharam essas modificações, buscando desenvolver diagnósticos e propor soluções para tais eventos.

1 I INTRODUÇÃO

Neste artigo será apresentado um breve histórico de notáveis inundações e alagamentos que ocorreram no Rio de Janeiro, afetando diretamente a Área Central, e as políticas públicas de drenagem urbana que se sucederam, até a elaboração mais recente do Plano Diretor de Manejo de águas pluviais da cidade. Esse levantamento histórico busca compreender como as intervenções humanas alteraram a drenagem local, interferindo nas ocorrências de alagamento, a fim de contribuir para estudos e futuras políticas públicas relacionadas a esse tema.

2 I ÁREA DE ESTUDO

O recorte espacial abarca os bairros do Centro e Cidade Nova, cujos terrenos aplainados e alagáveis formam uma extensa área de convergência de fluxos, que partem dos bairros adjacentes Santa Teresa, Catumbi, Estácio, Santo Cristo, Gamboa e Saúde, onde encontram-se os divisores da drenagem local. A linha pontilhada na Figura 1 delimita esquematicamente os limites desta área de convergência de fluxos, que compõem uma rede de drenagem.

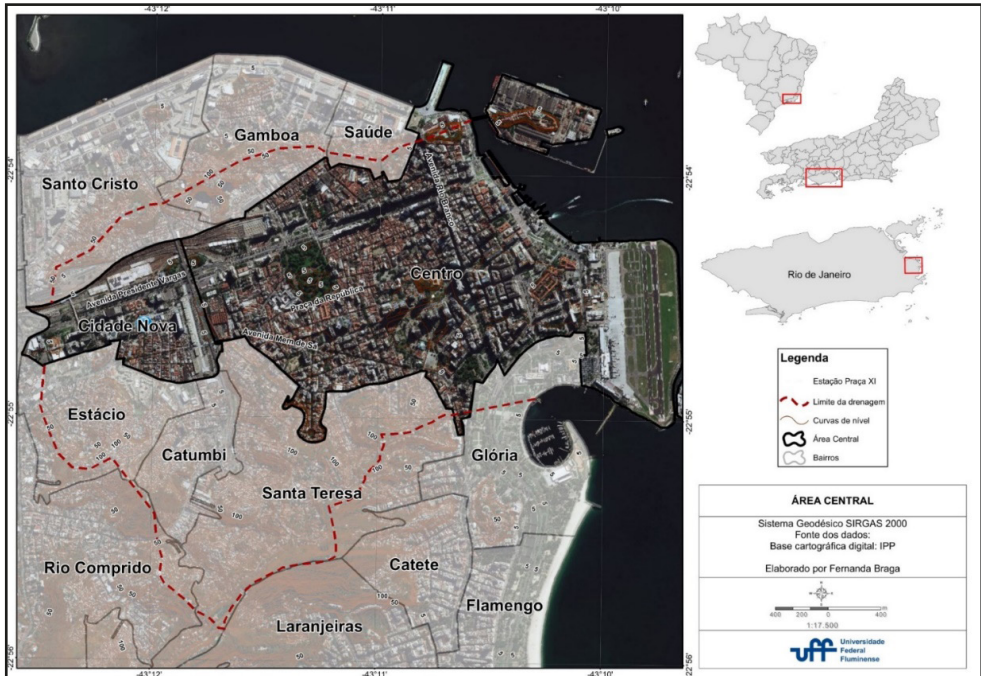



Figura1: Mapa de localização da Área Central do Rio de Janeiro. Elaboração: Fernanda Braga.

Esta área é caracterizada por um ambiente de clima tropical, de verões tipicamente chuvosos, e solos úmidos, cujas antigas lagoas, brejos e alagadiços representavam entraves ao estabelecimento das primeiras construções urbanas, iniciadas no século XVI.

As condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, onde o município do Rio de Janeiro se insere, são definidas, segundo Dereczynski et al. (2009), pela atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que confere situação de estabilidade na maior parte do tempo. Esta estabilidade é interrompida com a chegada de sistemas frontais, ciclones extratropicais e outros sistemas meteorológicos, que podem causar precipitações com intensidades diárias variadas.

Os estudos de Dereczynski et al. (2009) e de Armond e Sant'Anna Neto (2017) indicam que os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das chuvas intensas, que criam situações de alagamentos, inundações e deslizamentos de encosta em diferentes pontos da cidade.

Brandão (2001) salienta que as precipitações mais intensas ocorrem em quase todos os meses do ano, embora as chuvas com registros superiores a 100mm/24h sejam mais frequentes entre janeiro e abril. Dereczynski et al. (2017, p.25) em levantamento recente, listou os eventos de precipitação diária igual ou superior a 100mm, no município do Rio de Janeiro, em um período entre 1881 e 1996, onde é possível observar a sua frequência (tabela 1).

Data	Chuva Diária (mm)	Data	Chuva Diária (mm)	Data	Chuva Diária (mm)	Data	Chuva Diária (mm)
08/02/1931	136,2	18/03/1967	105,2	01/05/1976	106,0	12/02/1988	125,2
28/03/1936	148,0	19/03/1967	139,0	02/04/1977	241,5	20/02/1988	126,8
10/02/1938	119,0	03/04/1967	107,2	19/11/1977	132,0	22/02/1988	110,0
30/01/1940	112,4	27/04/1967	146,4	22/01/1979	162,0	11/06/1989	126,0
07/05/1941	124,0	17/11/1967	110,2	17/12/1979	100,0	20/12/1989	100,4
25/01/1947	107,5	02/03/1968	130,1	27/08/1980	103,5	19/04/1990	154,4
05/05/1950	118,4	18/03/1968	124,9	13/10/1980	140,6	17/02/1991	109,6
25/01/1955	116,4	02/12/1968	106,9	12/11/1980	150,0	19/02/1991	113,5
22/12/1958	114,2	03/04/1969	107,2	03/12/1981	230,0	29/03/1991	126,0
12/01/1959	103,0	04/04/1969	131,2	08/12/1981	157,9	06/04/1991	104,5
19/03/1959	147,2	14/01/1971	106,2	03/01/1982	180,0	27/04/1991	104,5
16/01/1962	167,4	26/02/1971	287,7	03/12/1982	104,0	05/01/1992	135,0
18/12/1964	130,6	27/02/1971	118,6	20/03/1983	125,6	06/01/1992	159,0
20/01/1965	155,4	24/04/1971	152,0	24/10/1983	120,0	07/07/1992	130,4
04/03/1965	111,4	28/05/1971	142,4	24/01/1985	126,2	09/10/1992	103,5
11/01/1966	102,0	12/10/1971	103,0	25/01/1985	115,0	27/03/1994	138,0
12/01/1966	166,2	13/10/1971	112,0	26/01/1985	108,8	09/06/1994	156,9
27/03/1966	149,2	20/02/1972	119,4	12/04/1985	112,0	12/08/1994	123,3
01/07/1966	112,6	03/11/1972	108,1	02/09/1985	136,8	20/11/1994	128,0
24/01/1967	177,0	17/01/1973	147,4	16/04/1986	124,9	20/08/1995	116,2
18/02/1967	113,2	24/03/1973	103,8	23/04/1986	103,9	21/09/1995	119,3
19/02/1967	154,6	19/07/1973	176,1	10/02/1987	167,3	07/01/1996	113,7
20/02/1967	180,6	02/01/1975	115,5	04/04/1987	102,2	04/02/1996	123,8
21/02/1967	152,0	04/05/1975	133,5	07/06/1987	101,4	13/02/1996	201,2
		19/11/1975	132,0	03/02/1988	184,0	14/02/1996	193,1

Tabela 1: Eventos de total pluviométrico diário igual ou superior a 100 mm, no período entre 1881 e 1996, no município do Rio de Janeiro. As células em amarelo destacam os eventos mais intensos.

Fonte: Dereczynski et al. (2017, p.25)

Os autores destacam que o valor máximo registrado nesse período foi superado no dia 06 de abril de 2010, com um total diário de 360,2 mm no Sumaré, 303,0 no Jardim Botânico e 248,0 em Santa Teresa, salientando que os totais pluviométricos, embora sejam uma referência para avaliar os danos causados pelas chuvas, não expressam necessariamente a criticidade de seus impactos. As chuvas mais impactantes na cidade, segundo suas análises nesse período, ocorreram em janeiro/1966, fevereiro/1988 e fevereiro/1996. A publicação ressalta ainda que:

> Os resultados do levantamento dos 82 eventos extremos no período estudado neste trabalho indicam que, como esperado, a maior parte ocorreu no verão (DJF - 40%) e outono (MAM - 40%). Os demais casos ocorreram na primavera (SON - 10%) e no inverno (JJA - 10%). Isso mostra que apesar do reduzido número de casos no inverno, esses podem ocorrer nessa estação, causando sérios danos a população, como observado em junho de 1989, com 9 vítimas de desabamentos. Dessa forma, além das medidas de prevenção adotadas

> durante o verão, medidas de precaução deveriam ser adotadas nos demais meses do ano, inclusive no inverno e primavera. Dereczynski et al. (2017, p.29)

O sítio urbano do Rio de Janeiro passou por profundas transformações, desde a sua fundação, no século XVI. Segundo Geiger et al. (2001, p.3), o processo do crescimento desta cidade foi marcado pelo rebaixamento de pequenos morros e pela execução de diversos aterros sobre as orlas da baía de Guanabara, do mar e de planícies pantanosas, que compunham principalmente os terrenos de seu antigo núcleo de ocupação. Os autores exemplificam tais intervenções citando o desmonte do morro do Castelo (que constitui atualmente uma área edificada no Centro), os aterros realizados entre os bairros da Saúde e do Caju (que abrigam desde o começo do século XX o porto moderno da cidade) ou ainda, os aterros do século XIX (em planícies alagadiças, onde se edificou a chamada Cidade Nova). Para eles, o relevo tem grande influência na forma tentacular na qual a cidade se desenvolveu, com seus eixos de circulação ajustados pelas planícies e vales, entre morros e montanhas. Salientam ainda que o relevo, responsável pela compartimentação física deste espaço urbano, também se refletiu em uma compartimentação social, em virtude da prática de ocupações seletivas de classe.

Atualmente, a área central é caracterizada por um alto nível de urbanização, que reflete a sua função na cidade. Neste cenário, destacam-se as edificações, que se aglomeram na paisagem e elevado grau de pavimentação do terreno. Além disso, o processo de verticalização intenso pelo qual passou este local, traduz sua a centralidade

3 I METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento de mapas, documentos, ilustrações, sites e bibliografias, que abordam as inundações e alagamentos na cidade do Rio de Janeiro, bem como as respectivas políticas de drenagem que ocorreram em diferentes contextos históricos, e que identificam as transformações pelas quais a área central da cidade do Rio de Janeiro atravessou, desde a sua fundação, no século XVI.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Histórico dos alagamentos e as políticas públicas de drenagem urbana

A história da cidade do Rio de Janeiro é marcada, desde os primeiros registros, pelas narrativas sobre suas inundações. Segundo Maia (2012, p.247), na época de sua fundação, em 1575, o padre José de Anchieta já descrevia a fúria e a intensidade com que a água das chuvas atingia a cidade "[...] choveu tanto que se encheu e rebentaram as fontes [...]".

A posição geográfica da cidade do Rio de Janeiro, que lhe confere um clima tropical com temperaturas e umidade elevadas, associada às características de seu sítio, criam

um cenário propício à ocorrência de inundações. Os relatos sobre estes eventos precedem a imprensa, e embora não estejam acompanhados de dados mais precisos sobre os registros pluviométricos, disponíveis somente a partir de 1851, com a implantação de estação meteorológica no Rio de Janeiro, mostram a dimensão e os danos causados pelas grandes chuvas. Estes antigos registros, segundo Costa (2001), provinham da narrativa de cronistas ou de viajantes estrangeiros, em seus diários de viagem.

O autor afirma que a primeira enchente histórica que se tem notícia ocorreu no século XVI. Foi descrita por cronistas no século seguinte como uma grande ressaca em época de maré alta e uma chuva muito intensa, seguida de alagamentos.

> "(...) contam uma ressaca, em data não precisa, em período de maré alta, e uma chuva muito intensa de tal forma que, vencido pelo mar, o cômoro da rua Direita (atual rua Primeiro de Março), e com alagamentos dos charcos da cidade veio a atingir e transbordar as lagoas de Santo Antônio (largo da Carioca), do Boqueirão (Passeio Público) e do Outeiro (rua do Lavradio), interligando-as e formando um lagomar de toda zona baixa da cidade. Estendeu-se até a Prainha (praça Mauá) e à lagoa da Sentinela (Frei Caneca), de forma que os morros então habitados, do Castelo (ruas Graça Aranha e México), de São Bento (São Bento) e de Pedro Dias (rua do Senado) se transformaram em ilhas" (Costa, 2001. p. 79).

Segundo Baltazar Lisboa (apud Maia, 2012, p.250), outro evento notável ocorreu no dia 14 de abril de 1756, que ele descreveu como: "tão grande e copiosa chuva, precedida de veementes concussões de ar e espantosos furacões por três dias sem interrupção (...) desde então as águas cresceram de tal maneira, que inundaram a rua dos Ourives [atual Miguel Couto] e entraram pelas casas adentro, por não caberem mais nas valas", o que obrigou moradores a abandonarem suas casas, refugiando-se nas Igrejas.

Brandão (1997 e 2001), distingue três períodos, referentes aos grandes eventos chuvosos, de acordo com as diferentes fases de expansão da cidade do Rio de Janeiro (tabela 2):

1851 – 1900	1901 – 1940	1941 – 1997
A implantação das linhas de bonde e o estabelecimento de indústrias impulsionam, a partir de meados do século XIX, a efetiva expansão da malha urbana da cidade, que até então limitava-se ao Campo de Santana. Este período é marcado ainda por grande incremento populacional, cujo número de habitantes aumenta de 200 mil para meio milhão em 1890. Na maior parte dos anos desse período, os totais pluviométricos dos quatro meses mais chuvosos (dezembro a março) correspondem a cerca de 60% do total de chuva precipitada durante todo o ano, em alguns casos chegando a 90%. Catástrofes causadas por fortes eventos chuvosos, acompanhados de grandes transtornos, com vítimas fatais são registradas desde 1851, quando do início do funcionamento das estações meteorológicas da cidade, com destaque para 26 de abril de 1883 e 20 de abril de 1888, com índices de 223mm e 97,5mm, em 24 horas, respectivamente, inundando toda a cidade; e 12 de maio de 1897, onde pouco mais de quatro horas de chuva foram suficientes para alagar diversas ruas do centro.	Nesse período intermediário há uma grande expansão urbana, com crescimento verticalizado, aparecimento do automóvel, incremento das atividades industriais, início do processo de favelização etc. Por isso os problemas ambientais agravaram-se como os de poluição do ar, da água e do solo, enchentes, e deslizamentos de terra. Sete temporais, segundo a autora foram destaque nos noticiários locais, dentre eles os de 17 de março de 1906, com 165mm precipitados em 24 horas, e 3 de abril de 1924 e 17 de janeiro 1944, ambos com 172mm/dia. Em todos estes temporais houve registro de transbordamento do canal do Mangue.	Período marcado pelo agravamento de relevantes questões urbanas, com a grande intensificação do processo de verticalização, impulsionado pela valorização do preço da terra; aumento vertiginoso da frota de automóveis; proliferação das favelas e bairros periféricos, com consequente crise dos transportes e habitação; e problemas ambientais, com destaque para as ocorrências de enchentes, que passaram a ocorrer com mais frequência. Foram registrados, neste período, temporais de grande intensidade, com fortes impactos sobre a cidade, três dos quais (1966,1988 e 1996) permanecem na memória do carioca contemporâneo como verdadeiras calamidades. Segundo a autora, nos anos 90, bem como nos anos 80, a década mais quente e úmida dos últimos 140 anos, foram detectados eventos pluviais concentrados de grande impacto, pelo menos uma vez por ano.

Tabela 2: Períodos de chuvas intensas, associados as fases de expansão da cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: Brandão (1997 e 2001)

Segundo Abreu (1997), a escassez de água para consumo, até o século XIX, contrastava com a sua abundância em períodos chuvosos e o único sistema de drenagem existente apresentava problemas por ser limitado a inúmeras valas que não conseguiam drenar as águas pluviais em virtude da pouca declividade e proximidade com o nível do mar.

> “No século XVII já se reconhecia a necessidade de se disciplinar a distribuição das edificações até então feitas a esmo (....). Nesta ocasião também foram abertas valas, para águas servidas e dejetos diversos. As valas foram consequentemente a primeira rede de esgotos sanitários a céu aberto que teve a cidade. Esse sistema de drenagem era problemático, pois as valas, quase ao nível do mar, tinham pouca declividade, o que comprometia sua

> função de drenagem. Na ocupação do espaço contra o mar há que assinalar os múltiplos acréscimos de terrenos ocorridos na orla litorânea, e que iriam acrescentar mais um tipo de dificuldade ao escoamento das águas pluviais" (Santos, 1999, p.7).

Após uma grande inundação, conhecida como "águas do Monte", foi elaborado, a pedido de D. João VI, o primeiro relatório, apontando as causas e soluções para o recorrente problema na cidade. Maia (2012, p.253) ressalta a gravidade desse episódio, descrevendo as chuvas incessantes que atingiram a cidade durante sete dias (10 a 17 de fevereiro de 1811) e seus efeitos. A autora relata que os rios das redondezas da cidade, com um volume nunca visto antes, inundaram os arrabaldes, levando todas as pontes de madeira e inutilizando caminhos importantes para a circulação. As ruas da chamada cidade velha transformaram-se em verdadeiros rios caudalosos, onde pescadores conseguiam navegar.

Em 4 de julho de 1811, de acordo com Abreu (1997), o relatório é finalizado, apontando como causas da catástrofe: a topografia da cidade (com rupturas abruptas de gradiente), a proximidade com o nível do mar e a sujeira no então sistema de drenagem da época. As soluções sugeridas referiam-se ao nivelamento do solo da cidade, à abertura de um canal de drenagem no Mangal de São Diogo e de valas auxiliares à vala mestra, bem como o redirecionamento das águas das chuvas, para sua melhor distribuição entre as valas de drenagem. Para tanto, recomendou-se o alteamento da cidade em alguns lugares e o rebaixamento em outros, evitando que toda a água escoasse para um único eixo de drenagem.

No entanto, somente a partir de 1850, com a expansão da malha urbana, o crescimento populacional causado pelas migrações e as grandes epidemias que assolavam a cidade, foram efetuados os projetos de melhoramentos urbanos, que embora tivessem como principal motivação o problema de higienização do centro, também atuariam na questão das inundações. Essas ações incluíam nivelamentos do solo para evitar poças, drenagem superficial, disposição final adequada dos dejetos urbanos, entre outros. A mais relevante foi a instalação da rede de esgotos e galerias pluviais, reforçada na penúltima década do século XIX com o surgimento de esgotamento exclusivo para as águas pluviais, e a construção do Canal do Mangue.

Segundo Telles (1994, p.359), em 1835, o governo foi autorizado a contratar o serviço de esgoto sanitário pluvial do Rio de Janeiro com João Frederico Russel. Realizado somente em 1855, de maneira experimental, empregou-se um "moderno sistema de tratamento chamado à época de main drainage", experiência bem sucedida, atestada por engenheiros ingleses do Civil Engineer Institute, de Londres. Seu contrato, assinado em 1857, foi transferido, em 1862, para a Companhia The Rio de Janeiro City Improvements Company Limited.

Iniciadas em 1864, pela empresa de capital inglês, as obras de implementação da rede de esgotos e galerias pluviais, com o chamado sistema misto inglês, obedeceram ao

plano organizado pelo Engenheiro Eduardo Gotto, que tinha por objetivo “a evacuação das águas servidas, o esgoto das águas pluviais e o dessecamento do solo” (Alcântara, 1953, p.20). Segundo o autor, três anos mais tarde, mesmo com as obras concluídas, os problemas de inundações permaneceram atingindo a área central da cidade. Por isso, em 1874, foi nomeada pelo Conselheiro Costa Pereira, então ministro da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, uma comissão de engenheiros, com o intuito de estudar um novo plano para o escoamento das águas pluviais, cuja implementação entre os anos de 1877 e 1886, alterou e complementou a estrutura já existente. No entanto, parte das medidas sugeridas pela comissão para solucionar o problema das enchentes não foi executada devido ao seu alto custo. Em 12 de maio de 1897, a cidade é atingida por intenso temporal, com um total diário de 216mm de chuva, cujos relatos apontam a ocorrência de inundação em diversos pontos da Área Central e geraram críticas contundentes da imprensa à administração pública.

> “Inundações em grande número de ruas, principalmente as da Cidade Nova. As águas subiram até 1 metro em muitos lugares. No dia seguinte poucos transeuntes, atravessando rios de águas barrentas. Em grande número de casas, móveis nadando sobre as águas. A cidade se transformou em um imenso lago. Muitos trovões. Transbordamento do canal do Mangue. Todas as ruas do centro da cidade bem como São Cristóvão, Ruas do Matoso, Laranjeiras, Catete, Senado, Riachuelo, Inválidos, Rezende, Monte Alegre, Santa Thereza, Travessa do Senado, Catumby, Paula Mattos e outras ficaram completamente cheias, trazendo sérios e lamentáveis prejuízos aos moradores pois as casas dessas ruas encheram, levando na correnteza objetos, roupas etc.” (Dereczynski et al., 2017, p.22)

No início do século XX, caracterizado por grandes transformações promovidas pelas reformas urbanas, sobretudo no governo de Pereira Passos, agravou-se o problema de circulação de águas, potencializando as inundações urbanas. A dinâmica de drenagem superficial e subterrânea, neste contexto, foi modificada pontualmente, buscando adequar-se às novas demandas decorrentes da expansão da cidade, ao aumento demográfico e às próprias intervenções já executadas. Passos foi duramente criticado por priorizar em seu planejamento o aspecto estético da cidade, com excessivas obras de embelezamento. O Jornal do Brasil (1915) noticiava em suas páginas um grande temporal que assolou a população carioca, no mês de janeiro, causando alagamentos em diversos pontos da cidade, inclusive na área central. Nesta reportagem o prefeito Pereira Passos é apontado como responsável pelo cenário caótico instaurado na cidade e acusado de ignorar a geografia e as constantes inundações decorrentes das chuvas de verão.

Nas décadas seguintes, se destacaria um relevante projeto sobre a questão da drenagem. Elaborado pelo arquiteto-urbanista Alfredo Agache, de 1928 a 1930, o chamado Plano Agache foi, segundo o IPP (2005), o primeiro plano de urbanização sistemática da Cidade do Rio de Janeiro.

Nele estão listadas as causas para os problemas de escoamento das águas pluviais

e as inundações.

> “Um pouco após o começo do aguaceiro, a terra arrastada pela enxurrada deposita-se nessa parte do seu curso, reduzindo-lhe a secção. Como o enorme volume líquido não pode ser contido, transborda de cada lado para as ruas confinantes, reflui à montante, enche as galerias das águas pluviais que deságuam no leito dos rios, espalha-se na via pública pelos bueiros e poços de visita, e invade as propriedades circunvizinhas.(...) A situação é ainda agravada pela vizinhança dos morros, pois, as águas que escorrem das suas encostas ou que descem das ruas muito íngrimes, arrastam uma grande quantidade de terra e detritos diversos que se depositam nas sargetas de modo a obstruir as aberturas dos ralos. Essas águas ficam estagnadas nas partes planas em volta da base dos morros formando charcos muito insalubres. (...) Quando chuvas intensas e prolongadas coincidem com uma maré equinoxial, que vem impedir o livre curso dos rios para a baía, reunem-se aí as piores condições para que a inundação atinja o máximo” (Agache, 1930, p. 269).

Agache (1930, p.269) aponta ainda, como causas diretas da inundação: o aumento da impermeabilidade associada à superfície edificada; a ampliação da extensão da rede pluvial, que facilita o escoamento das águas superficiais para os bairros novos, contribuindo assim para o aumento do volume máximo a ser evacuado; o aumento da superfície da cidade resultante dos aterros; e a insuficiência da rede de escoamento das águas pluviais e defeito das canalizações.

Para tanto, propõem diversas medidas, algumas delas listada por Abreu (1997) como: a criação de reservatórios nas encostas dos morros, formando patamares para fazer a água descer de forma mais controlada, a erradicação de favelas e principalmente a remodelação total da rede de drenagem, algo que está em pauta até hoje.

Segundo Mascarenhas (2009), em entrevista concedida ao Jornal O Globo, este plano foi o último planejamento de drenagem urbana da cidade integrado com o seu crescimento. A proposta de remodelação total da rede de drenagem até hoje não ocorreu na prática, sendo executadas somente intervenções pontuais.

Em 1966, um dos maiores temporais da história da cidade marca a criação da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro. Segundo Dereczynski et. al. (2017, p.25) foram registrados 102 mm e 166,2 mm de chuva, nos dias 11 e 12 de janeiro, respectivamente, ocasionando diversos transtornos, dentre os quais: a paralisação temporária dos meios de transportes, alagamentos e deslizamentos, que totalizaram 117 mortes.

Amante (2006, p. 153) ressalta que, as obras públicas que buscavam atenuar problemas de circulação da água, desde o plano Agache, encontravam as mesmas conclusões e soluções sugeridas e experimentadas no restante do século XIX e ainda nos últimos anos do século XX. Para a autora, este projeto trata de questões de debate atual, cristalizados em programas públicos como o programa Rio-Cidade. Este programa, iniciado durante a gestão do Prefeito César Maia (1993- 1996), contou com um plano de obras específico para o centro, abrangendo a Avenida Rio Branco e alguns pontos adjacentes.

Segundo Soter (1996, p. 53) a revitalização proposta buscava consolidar a imagem da cidade, destacando-se as medidas de embelezamento. A drenagem urbana também sofreu alterações, com a implementação de 0,4 km de galerias pluviais no centro, atendendo a uma área fundamental de circulação de veículos e pessoas, mas ainda insuficiente para a resolução do problema dos alagamentos da área central.

Em 1992, foi instituído pela Lei Complementar nº 16/92, o Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro, que estabeleceu diretrizes para a gestão do sistema de esgotamento sanitário e pluvial, a fim de, entre outras ações, elaborar um Plano de Drenagem Urbana para a cidade (Rio de Janeiro, 1992).

Após as chuvas históricas de 1996, que segundo Dereczynski et. al. (2017, p.25) registraram um total de 394,3 mm em 48 horas, foram criados o Sistema Alerta-Rio, com a função de alertar com antecedência as autoridades sobre a possibilidade de temporais, e a Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro – RIO-ÁGUAS:

> "Uma emblemática chuva, em 1996, foi o marco para que saísse do papel a criação de um órgão específico para o combate a enchentes no Rio. A Fundação Rio-Águas foi criada para que a história daqueles dias não se repetisse. Bairros inteiros ficaram embaixo da lama, lixo e destruição por todo lado. Carros foram arrastados e empilhados pela força da água, centenas de pessoas ficaram desabrigadas, ocorreram desabamentos, quedas de barrancos e pedras e mortes. Como resposta, dois anos depois, a Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro - Rio-Águas foi criada, pela Lei nº 2.656 de 23 de junho de 1998, como órgão municipal encarregado da gestão de manejo de águas pluviais e do sistema de esgotamento sanitário, bem como para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbano da cidade" (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2018).

Sob responsabilidade deste órgão, em 2011, é instituído pela lei complementar n° 111/2011, o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais para a Cidade do Rio de Janeiro - PDMAP (Rio de Janeiro, 2011). Este Plano, concluído em 2014, consiste no mapeamento e no diagnóstico das bacias hidrográficas do município, através do levantamento de dados e desenvolvimento de estudos, cujos resultados dão suporte aos projetos e obras de manejo de águas pluviais urbanas (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2018).

5 I CONCLUSÕES

No passado, a combinação de características climáticas, de relevo e de drenagem representavam uma grande resistência à ocupação da cidade do Rio de Janeiro. A partir do século XVI, quando se inicia esse processo, a configuração do espaço físico passa por contínuas e profundas transformações, impulsionadas por diversos interesses, que se associam a diferentes contextos políticos e socioeconômicos. De desmontes e aterros a asfaltamentos e construção de drenagens artificiais, a paisagem se modifica, mas a questão dos alagamentos e inundações, permanece presente no cotidiano da cidade.

Além de ser uma grande metrópole, adverte Baptista (2010), o município do Rio de

Janeiro demanda uma infraestrutura de drenagem mais complexa que a adotada em outras áreas. Isso se deve a uma conjunção de fatores, que incluem a sua topografia, chuvas intensas, problemas de maré e de manejo dos resíduos sólidos. Nos períodos de maré alta, as galerias pluviais do centro não conseguem lançar as águas na Baía de Guanabara, local de deságue direto ou indireto dessa estrutura de drenagem urbana. Sem espaço para escoar, ocorre o transbordamento.

A questão do lixo é outro aspecto relevante neste contexto. No caso da área central, devido ao seu caráter comercial, há uma ampla circulação diária de pessoas e a geração de grande quantidade de resíduos sólidos, que interferem na quantidade de lixo acumulado, afetando diretamente a eficiência das galerias pluviais.

Gomes (2013, p.8) destaca ainda que são necessárias, para além do planejamento adequado das redes de drenagem urbanas, "ações não estruturais, como educação ambiental, ordenamento que controle a erosão, o lixo e o esgoto sanitário na rede pluvial", o que pode contribuir para controle dos alagamentos e para a durabilidade dos sistemas implementados.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. de A. **A cidade e os temporais: uma relação antiga**. In: ROSA, Luiz Pinguelli; LACERDA, Willy Alvarenga (Coord.). Tormentas cariocas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. p.15-20.

AGACHE, Donat-Alfred. **Inundações e escoamento das águas pluviais**. In: Cidade do Rio de Janeiro. Extensão. Remodelação. Embelezamento. Paris: Foyer Brésilien,

1930. Disponível em: < http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_obrasraras/or1355316/or1355316.pdf >. Acesso em: 30 jul. 2017.

ALCÂNTARA, Ulysses M. A. de Alcântara. **As Primeiras galerias de águas pluviais do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, Revista Municipal de Engenharia, Vol. XX, no 1, 1953 [janeiro/março]. p. 18 -28.

AMANTE, F. O. de. **A água no espaço urbano: uma abordagem sócio-ambiental e sua aplicação na Grande Tijuca.** 2006. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. **Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, 2017, p. 5-28.

BAPTISTA, Márcio Benedito. **Rio começa a criar Plano Diretor de Drenagem**. Portal Exame, 12 abr. 2010. Entrevista. Disponível em: <http://portalexame.abril.com.br/economia/noticias/rio-investira-r-10-milhoes-plano-diretor-drenagem-548616.html> . Acesso em: 15 maio 2010

BRANDÃO. A. M. de P. M. **Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro**. In: CUNHA, Sandra B. da; GUERRA, Antônio J.T. (Orgs.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

______. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: ROSA, Luiz Pinguelli; LACERDA, Willy Alvarenga (Coords.). Tormentas Cariocas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997.

COSTA, Helder et al. **Enchentes no estado do Rio de Janeiro – uma abordagem geral.** Rio de Janeiro: Semads, 2001

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. **Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.1, 24-38, 2009.

DERECZYNSKI, C. P.; CALADO, R. N.; BARROS, A. B. **Chuvas Extremas no Município do Rio de Janeiro: Histórico a partir do Século XIX.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, V.40, p.17-30, 2017.

GEIGER Pedro, ARUEIRA, Luis Roberto, ALEM, Adriano. **Mapa social da cidade do Rio de Janeiro**. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2325_Mapa%20social%20da%20cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf. Acesso em: 15/08/2018.

GOMES , Antônio Humberto Porto. **Grupo de Trabalho Cidade Nova – Manejo de águas pluviais**. Fundação Instituto de Águas do município do Rio de Janeiro – Rio Águas. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (Rio de Janeiro, RJ). Um plano de obras exemplar. Rio de Janeiro: IPP, 2005. (Coleção Rio estudos, n. 148). Disponível em: http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/. Acesso em: 17/01/2009.

JORNAL DO BRASIL. **A inundação enche de lodo e de desespero a habitação da pobreza**. Rio de Janeiro. 04 jan. 1915. Disponível em: <http://www.jblog.com.br/hojenahistoria.php?itemid=6751>. Acesso em: 20 ago. 2017.

MAIA, Andréa Casa Nova. **Imagens de uma cidade submersa: o Rio de Janeiro e suas enchentes na memória de escritores e fotógrafos**. Revista Escritos, ano 6, n°6, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em : http://www.casaruibarbosa.gov.br/escritos/numero06/artigo11.php. Acesso em: 15/08/2018

MASCARENHAS, Flávio César Borba. **Entrevista concedida a Luiz Ernesto Magalhães**. Rio de Janeiro, Jornal O Globo [Caderno RIO], 23 jan. 2009. p. 13.

PSMB - Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio De Janeiro. **Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas**. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro , Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/exibeconteudo?id=5825189.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO [homepage na Internet]. Rio de Janeiro, [acesso em: 24 jan. 2018] . Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas

Rio de Janeiro. **Lei complementar nº 16/1992** , 04/06/1992, Dispõe sobre a política urbana do município, institui o plano diretor decenal da cidade do Rio de Janeiro, e da outras providências. Disponível em: http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/573ad0b372ea8c96032564ff00629eae/758414dfee085d47032577220075c7e4?OpenDocument

Rio de Janeiro, **Lei complementar nº 111/2011**, 01/02/2011, Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/a99e317a9cfec383032568620071f5d2/cdd6a33fa14df524832578300076df48?OpenDocument

SANTOS, MÁRCIA PINHEIRO. **O Saneamento frente às situações de emergência motivadas pelas enchentes - Caso do Município do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em ciências da saúde pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

SOTER, Ana (Coord.), Rio Cidade: **O urbanismo de volta às ruas**. Rio de Janeiro: Mauad editora , Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1996.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **(1925) História da Engenharia no Brasil – século XX.** 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Clube de Engenharia / Clavero, 1994.

SOBRE O ORGANIZADOR

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA - Professor do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. Atualmente é Coordenador Didático do Curso de Licenciatura em Geografia (gestão 2021/2022). Doutor em Geografia (2017) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, com período sanduíche na Universidade de Cabo Verde - Uni-CV. É Licenciado (2012) e Mestre (2014) em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Foi bolsista de Iniciação Científica com o projeto Megageomorfologia e Geomorfologia Costeira do Nordeste Setentrional Brasileiro (Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande Norte e Paraíba), com ênfase nos estudos sobre geomorfologia fluvial no sertão de Crateús e áreas adjacentes. Foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, na modalidade Apoio Técnico (AT). É pesquisador do Laboratório de Geomorfologia da UNIMONTES, atuando principalmente na área da geografia física com ênfase em geomorfologia, mapeamento geomorfológico e análise ambiental em áreas degradadas/desertificadas.

ÍNDICE REMISSIVO

U

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

GEOCIÊNCIAS:

Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico

2

Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

GEOCIÊNCIAS:

Desenvolvimento científico, tecnológico e econômico

2

Ano 2022